

SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA LA RED ELÉCTRICA

Iker Marino Bilbao
Unidad Energía - Tecnalia

E.U.I.T.I de Eibar, 8 de Febrero 2012



INDICE

- 1. TECNALIA**
- 2. ESTADO ACTUAL Y FUTURO DE LA RED ELECTRICA**
- 3. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA**
- 4. APLICACIONES EN LA RED**
- 5. CONCLUSIONES**

Organizados en 16 Unidades de Negocio agrupadas en 5 Divisiones: trabajamos desde la **experiencia y la especialización** en cada uno de los mercados en los que operamos, con una actitud eficiente y proactiva.



DESARROLLO SOSTENIBLE



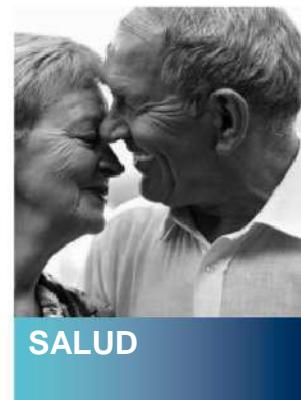
INNOVACIÓN Y SOCIEDAD



INDUSTRIA Y TRANSPORTE



ICT-EUROPEAN SOFTWARE INSTITUTE



SALUD

Construcción

Energía

Medio Ambiente

Meteo

Sistemas de Innovación

Fundición y Siderurgia

Sistemas Industriales

Transporte

Media

Sistemas de Información e Interacción

Sociedad de la Información

Software Systems Engineering

Telecom

Biomateriales-Ingeniería Tisular

Tecnologías para la Salud

Biotecnología y Pharma

Nuestra actividad de I+D abarca fundamentalmente siete grandes líneas estratégicas de investigación y cuatro programas tecnológicos:

Bioenergía

Energía Solar

Energía del
Mar

Redes
Inteligentes

Almacenamiento

Materiales
para Energía

Energía Térmica

Electrónica de
Potencia

Energía Eólica

Eficiencia
Energética
Edificación

Movilidad
Sostenible

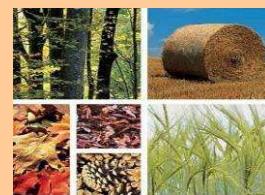
1.- TECNALIA: Estrategia en Energía

Tecnalia Research & Innovation

Energía Solar



Bioenergía



Eficiencia Energética Edificios



Almacenamiento Estacionario



Movilidad Eléctrica



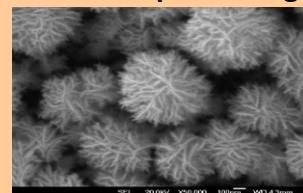
Smartgrids



Eólica Offshore



Materiales para Energía



Energía Undimotriz



Líneas de trabajo

- Baterías avanzadas
 - Hidrógeno y pilas de combustible
 - Convertidores para sistemas de almacenamiento
 - Infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos
 - Almacenamiento a gran escala para la red eléctrica
 - Almacenamiento de energía térmica para centrales solares termoeléctricas
-

INDICE

1. TECNALIA

2. ESTADO ACTUAL Y FUTURO DE LA RED ELECTRICA

- Gurus del almacenamiento
- Cómo funciona el sistema eléctrico
- La energía en España y en Europa
- Evolución y futuro del sistema eléctrico
- ¿Por qué almacenamiento?

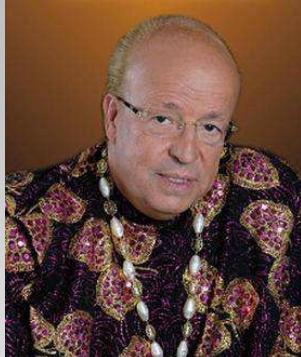
3. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA

4. APLICACIONES EN LA RED

5. CONCLUSIONES



We Need a Battery Miracle. Bill believes that creating large scale batteries to store energy is a critical problem to solve if solar and wind energy are to become mainstream.

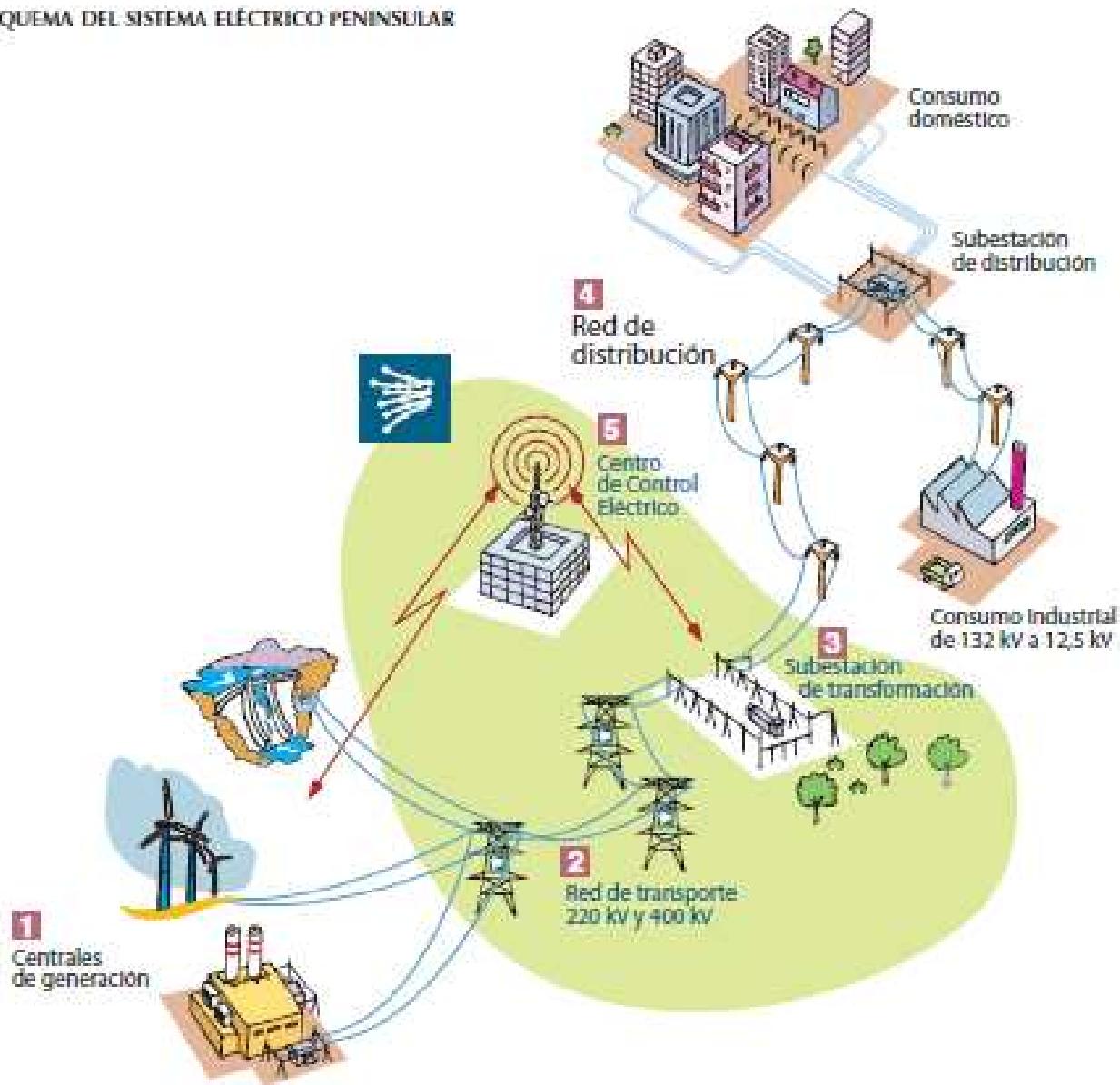


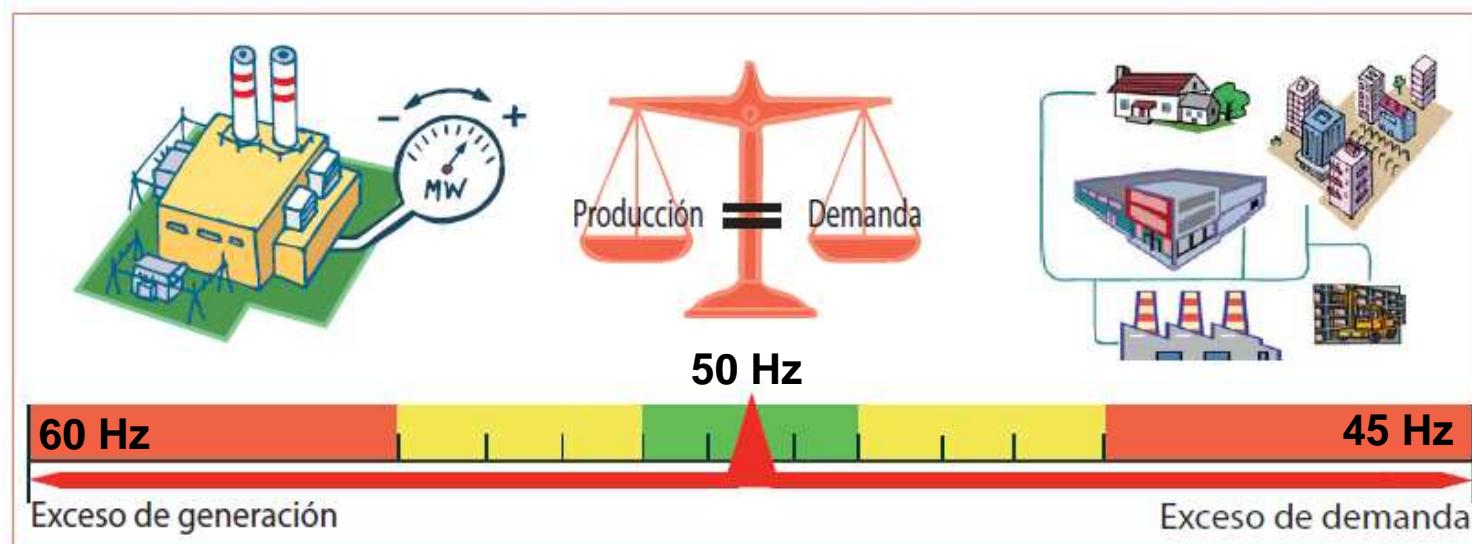
Por dinero te digo lo que quieras. Que hay mucho mercado..., que es la solución para los problemas de la humanidad..., o que no tiene futuro y no vale para nada...



El almacenamiento se presenta como un elemento importante para las redes eléctrica del futuro, aunque competirá con otras tecnologías y además presenta un mercado difícil de prever y que depende de muchos factores. Y además requiere desarrollo tecnológico.

ESQUEMA DEL SISTEMA ELÉCTRICO PENINSULAR

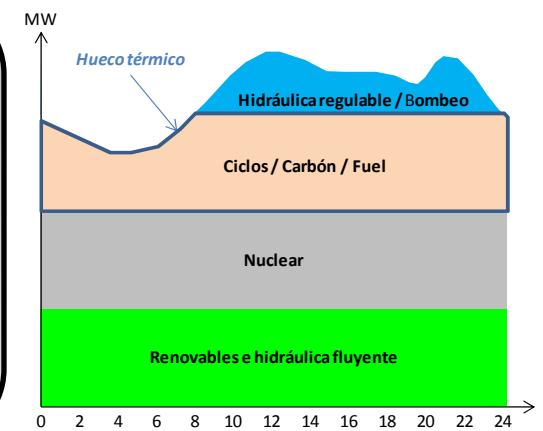




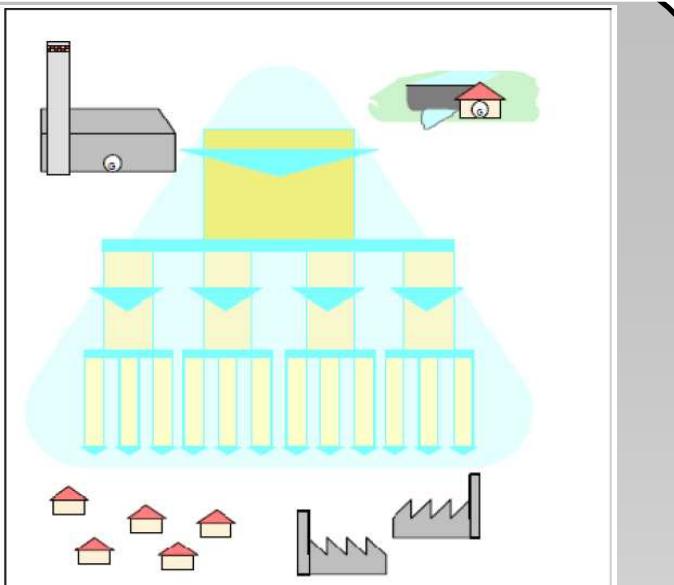
Fuente: www.ree.es

Principio de operación del sistema eléctrico: mantener en todo momento el balance entre generación y consumo de energía.

- Previsión de las curvas de demanda
- Generación programable
- Reservas de generación (primaria, secundaria y terciaria)

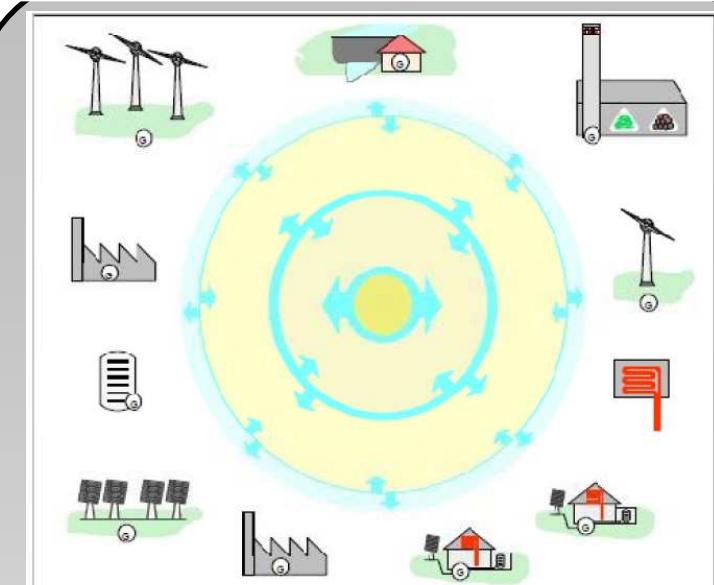


Sist. Eléctrico Tradicional



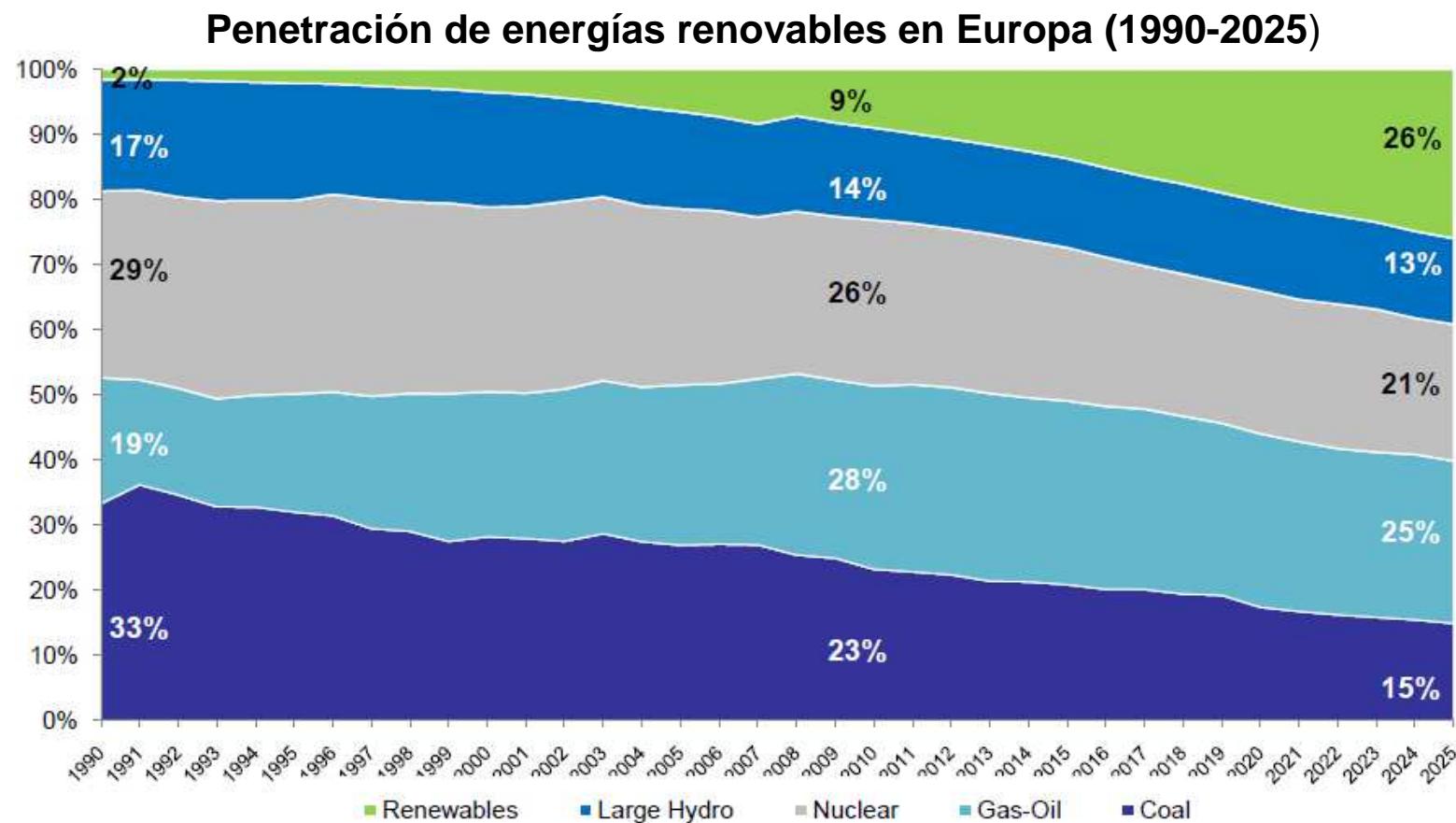
- Estructura jerárquica
- Generación centralizada
- Grandes centrales
- Flujo radial de la energía
- Penetración limitada de renovables (Plug and Forget)

Sist. Eléctrico Distribuido



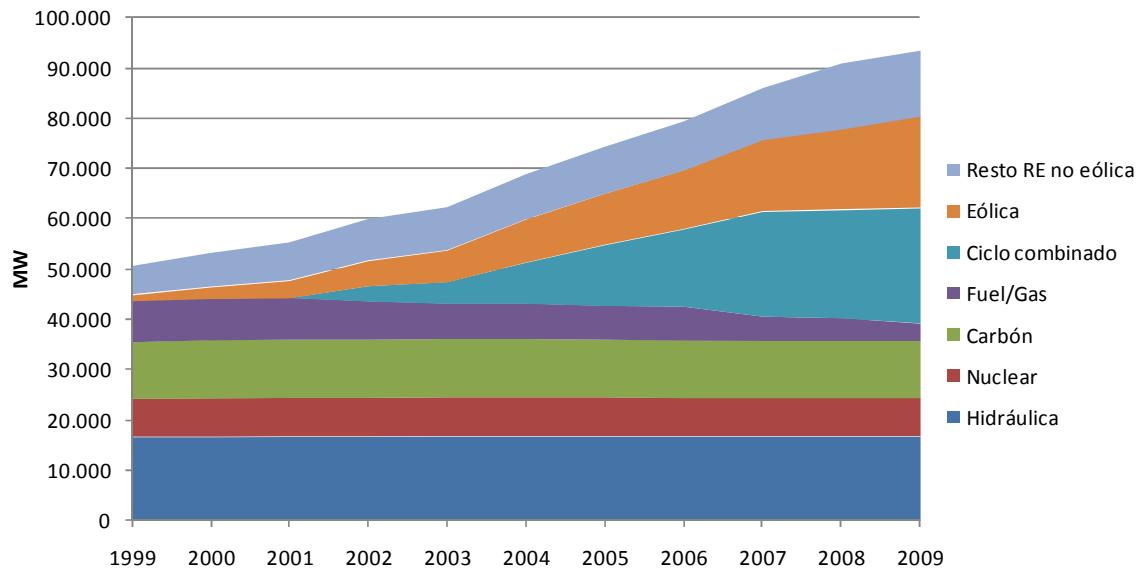
- Generación centralizada y descentralizada
- Grandes y pequeñas centrales
- Flujo de energía cambiante
- Integración a red de EERR
- Smart Grids

hoy

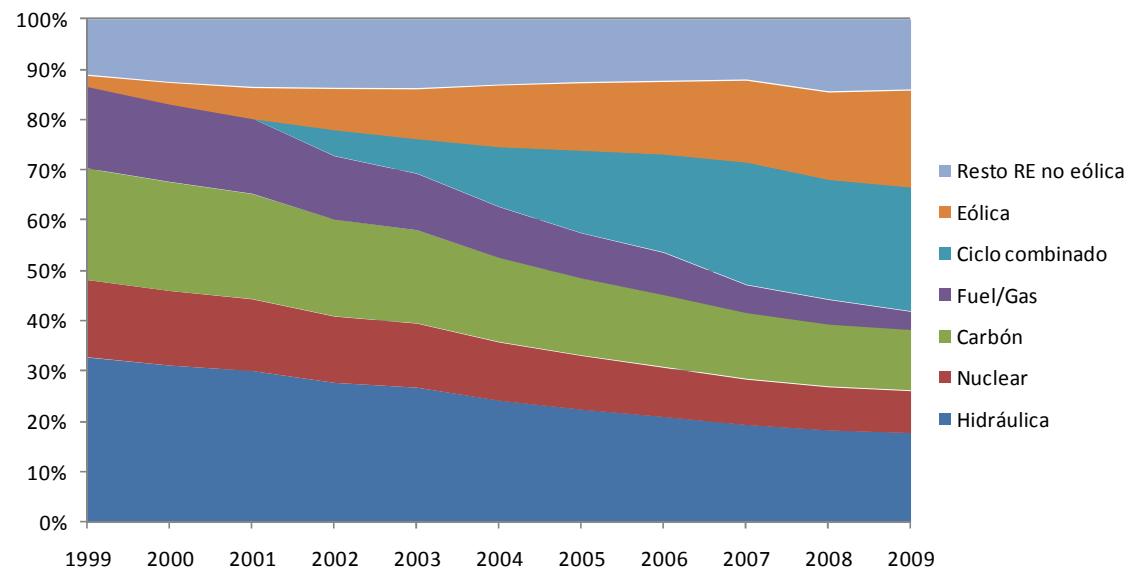


Directiva Europea 20-20-20: 20% de reducción de emisiones, 20% de energía final procedente de renovables y 20% de mejora de la eficiencia energética en consumo de energía para el 2020.

Potencia instalada (1999-2009)



Cobertura de la demanda (1999-2009)



REE (www.ree.es): Avance Informe de operación del sistema eléctrico. Año 2011

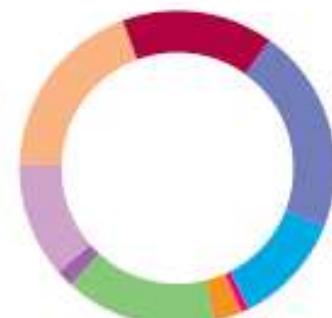
Potencia instalada a 31 de diciembre del 2011 (100.576 MW)



- Ciclo combinado 25 %
- Carbón 12 %
- Nuclear 8 %
- Hidráulica⁽¹⁾ 19 %
- Solar termoeléctrica 1 %
- Solar fotovoltaica 4 %
- Eólica 21 %
- Térmica renovable 1 %
- Cogeneración y resto⁽²⁾ 9 %

(1) Incluye la potencia de bombeo puro (2.747 MW). (2) Incluye térmica no renovable y fuel-gas.

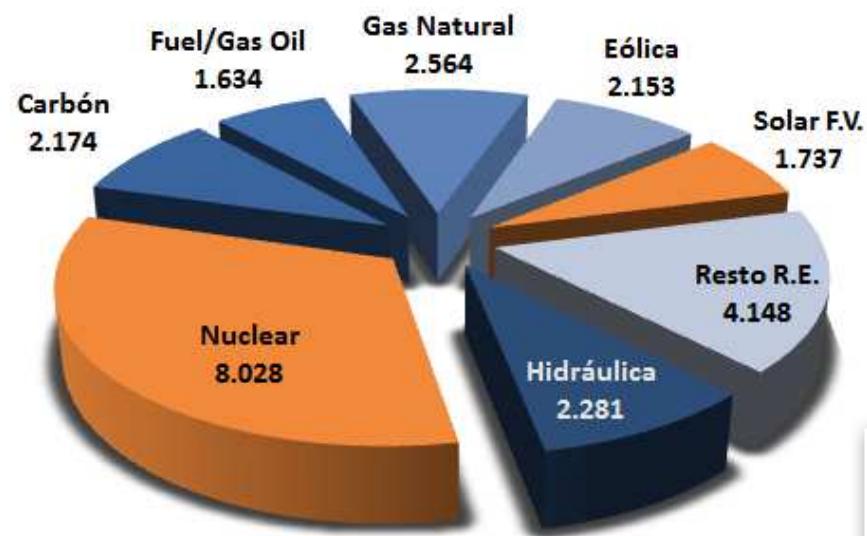
Cobertura de la demanda anual⁽¹⁾



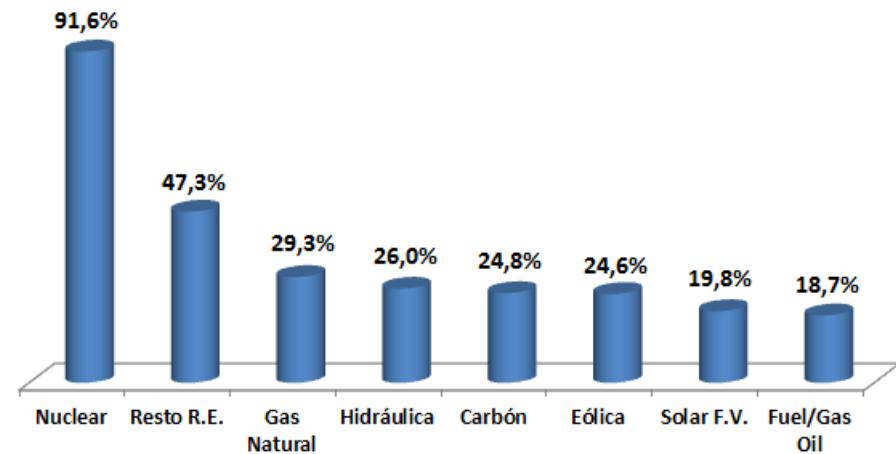
- Ciclo combinado 19 %
- Carbón 15 %
- Nuclear 21 %
- Hidráulica⁽¹⁾ 11 %
- Solar termoeléctrica 1 %
- Solar fotovoltaica 3 %
- Eólica 16 %
- Térmica renovable 2 %
- Cogeneración y resto⁽²⁾ 12 %

(1) No incluye la generación de bombeo. (2) Incluye térmica no renovable y fuel-gas.

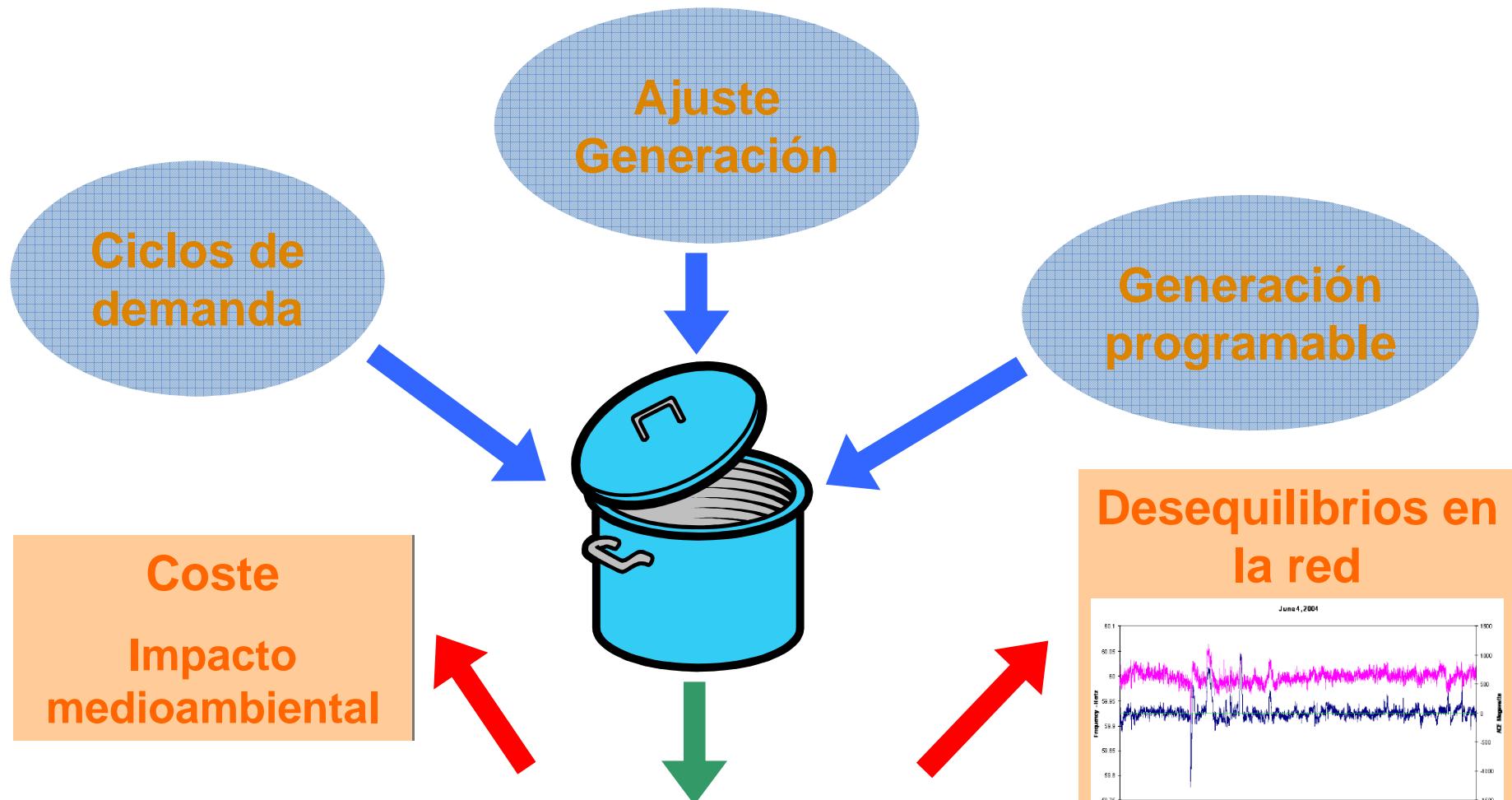
Horas de funcionamiento durante el año 2010

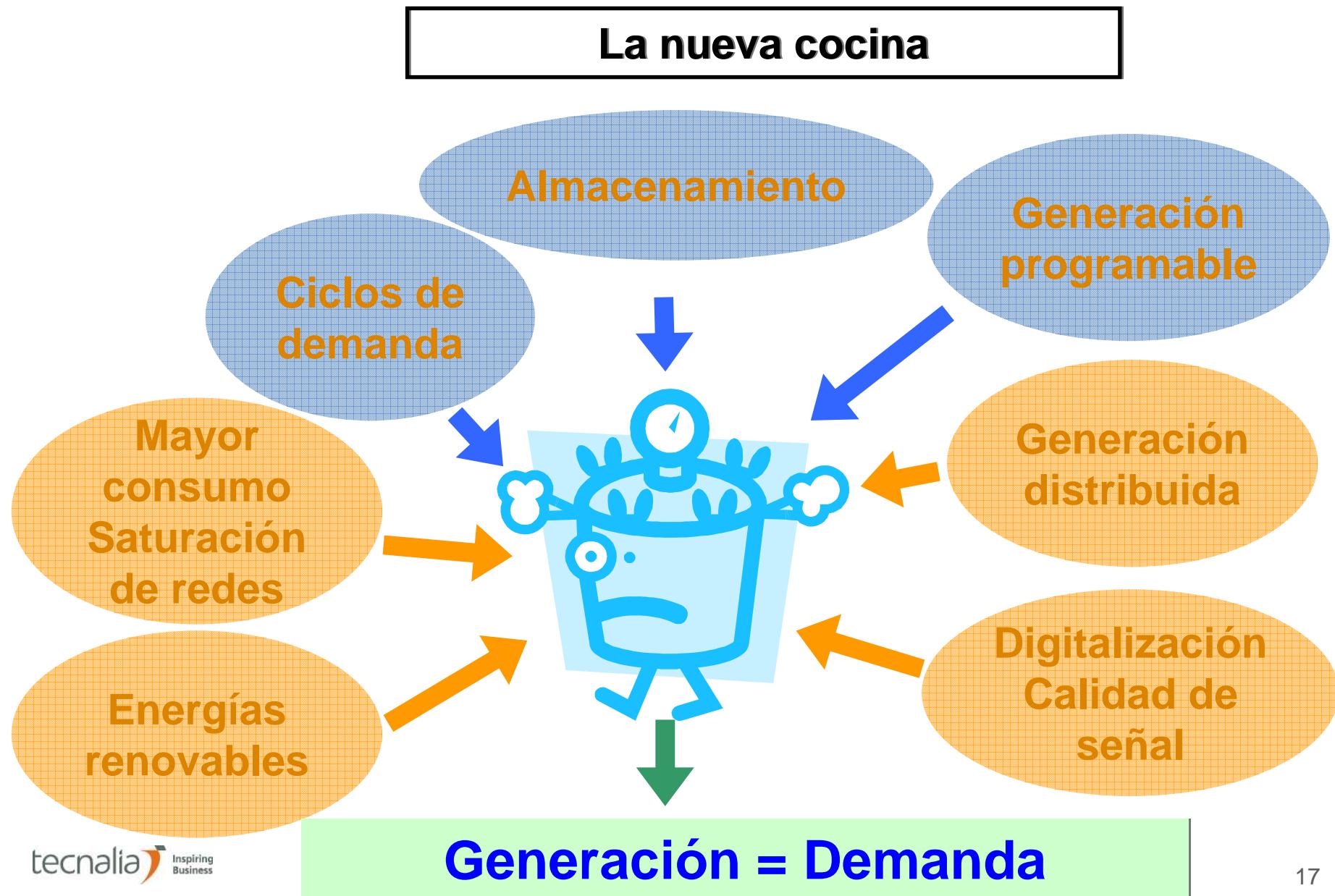


Factores de Operación durante el año 2010



La receta convencional





El Contexto

➤ La red eléctrica está cambiando rápidamente impulsada por:

- Aumento de la demanda de energía
- Descarbonización del sistema eléctrico. Impacto medioambiental
- Aumento de la penetración de energías renovables
- Smart grids

El Futuro

➤ El futuro de la energía en Europa para 2020 está escrito (20-20-20)

- 20 % de mejora de la eficiencia energética
- 20 % de energía final de origen renovable (40 % electricidad España)
- 20 % de reducción de emisiones de CO₂

Necesidades

- Aumento de la capacidad de intercambio internacional
- Sistemas de gestión de la demanda
- Sistemas de generación más flexibles
- Sistemas de almacenamiento de energía

INDICE

1. TECNALIA
2. ESTADO ACTUAL Y FUTURO DE LA RED ELECTRICA
3. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA
 - Tecnologías
 - Comparativa de sistemas
4. APLICACIONES EN LA RED
5. CASO DE ESTUDIO
6. CONCLUSIONES

- **Bombeo hidráulico**
- **CAES**
- **Volantes de inercia**

MECÁNICO

- **Plomo-Acido**
- **Ni-Cd**
- **Litio-Ión**
- **NaS**
- **Flujo**
- **H2**

ELECTROQUÍMICO

- **Supercondensadores**
- **SMES**

ELECTROSTÁTICO

- **Calor**
- **Frio**

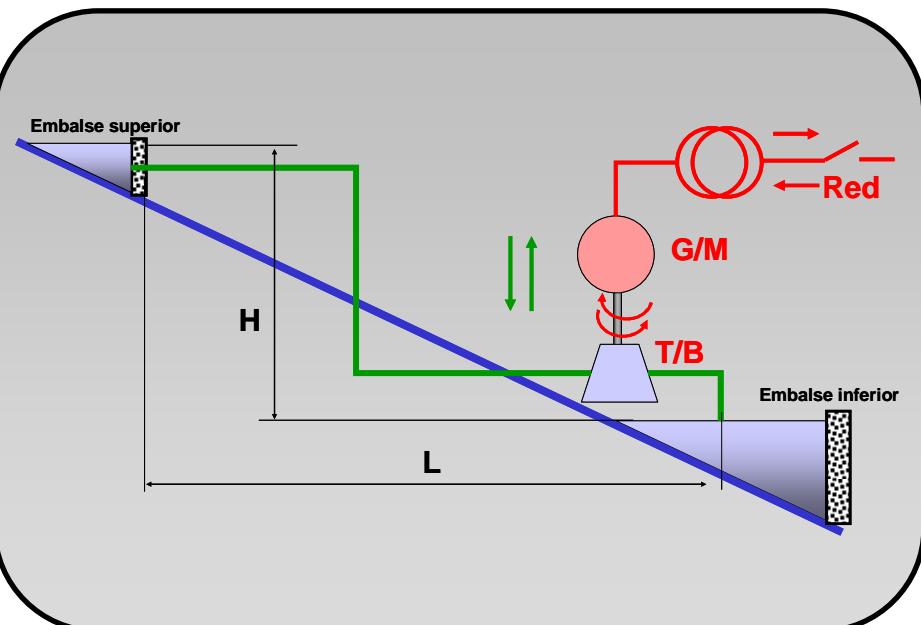
TÉRMICA

Principio y características

Almacenamiento mecánico de energía en forma de agua embalsada, que bombeada desde un embalse inferior a un embalse superior.

$$E(kWh) = \frac{V(m^3) \cdot g \cdot H(m)}{3600} = 0.002725 \cdot V \cdot H$$

- Supone el 99% del almacenamiento a nivel mundial
- ✓ Tecnología muy madura
- ✓ Potencia y energía son parámetros independientes
- ✓ Respuesta rápida
- ✗ Depende de la orografía del terreno
- ✗ Impacto medioambiental elevado
- ✗ CAPEX muy elevado



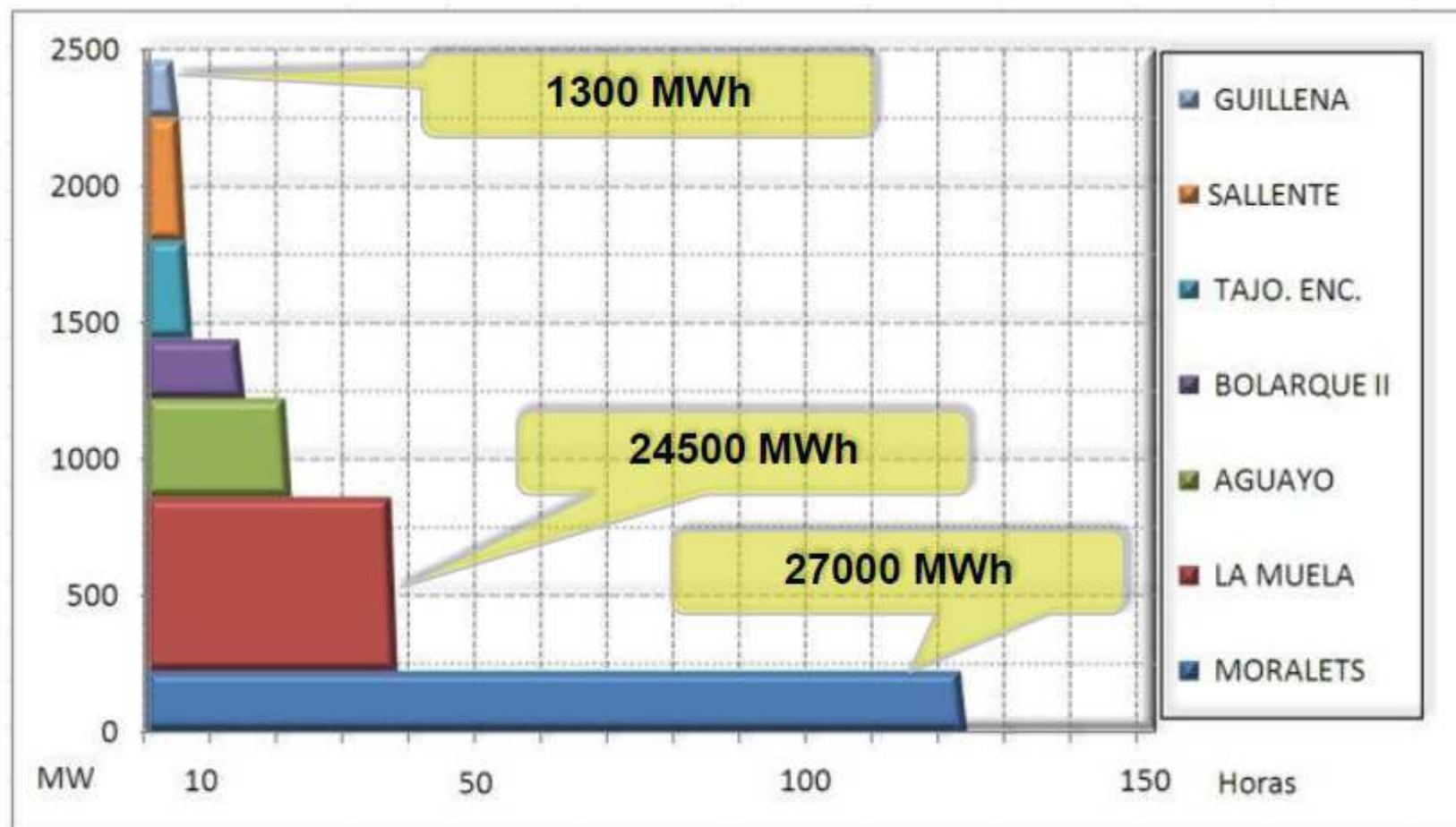
Parámetros

- | | |
|-----------------------------------|---|
| Eficiencia: 70-75 % | ★ |
| Potencia: 100 – 1000 MW | ★ |
| Energía: 500 -15000 MWh | ★ |
| Vida útil: > 30 años | ★ |
| Coste Inversión: 600- 2000 \$ /KW | ★ |

3.- Tecnologías: Bombeo hidráulico

Tecnalia Research & Innovation

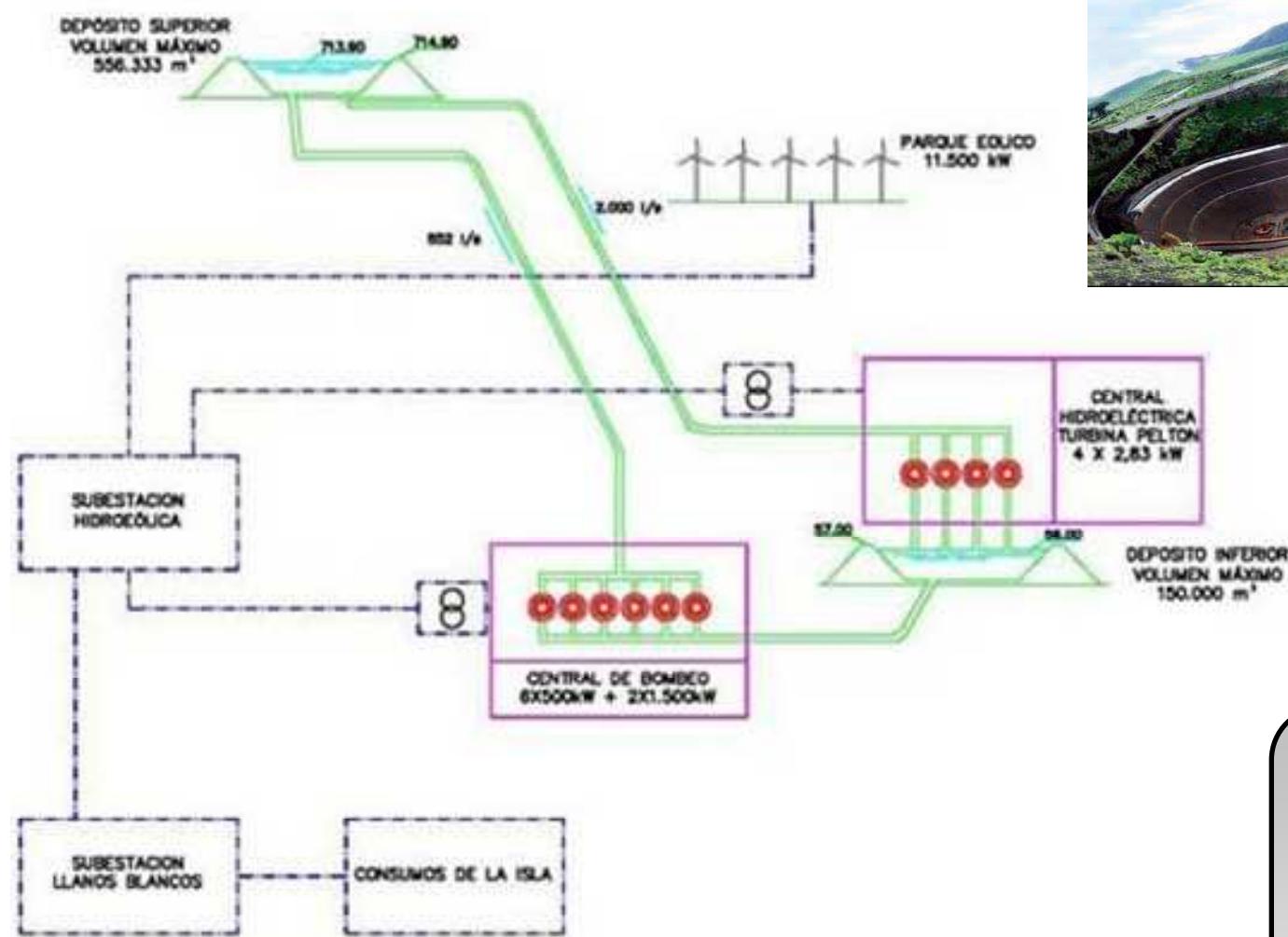




- 2011: 2.457 MW de bombeo puro y 70.000 MWh de energía. Hay otros 2.500 MW de bombeo mixto.
- 2020: 3.200 MW más planificados.

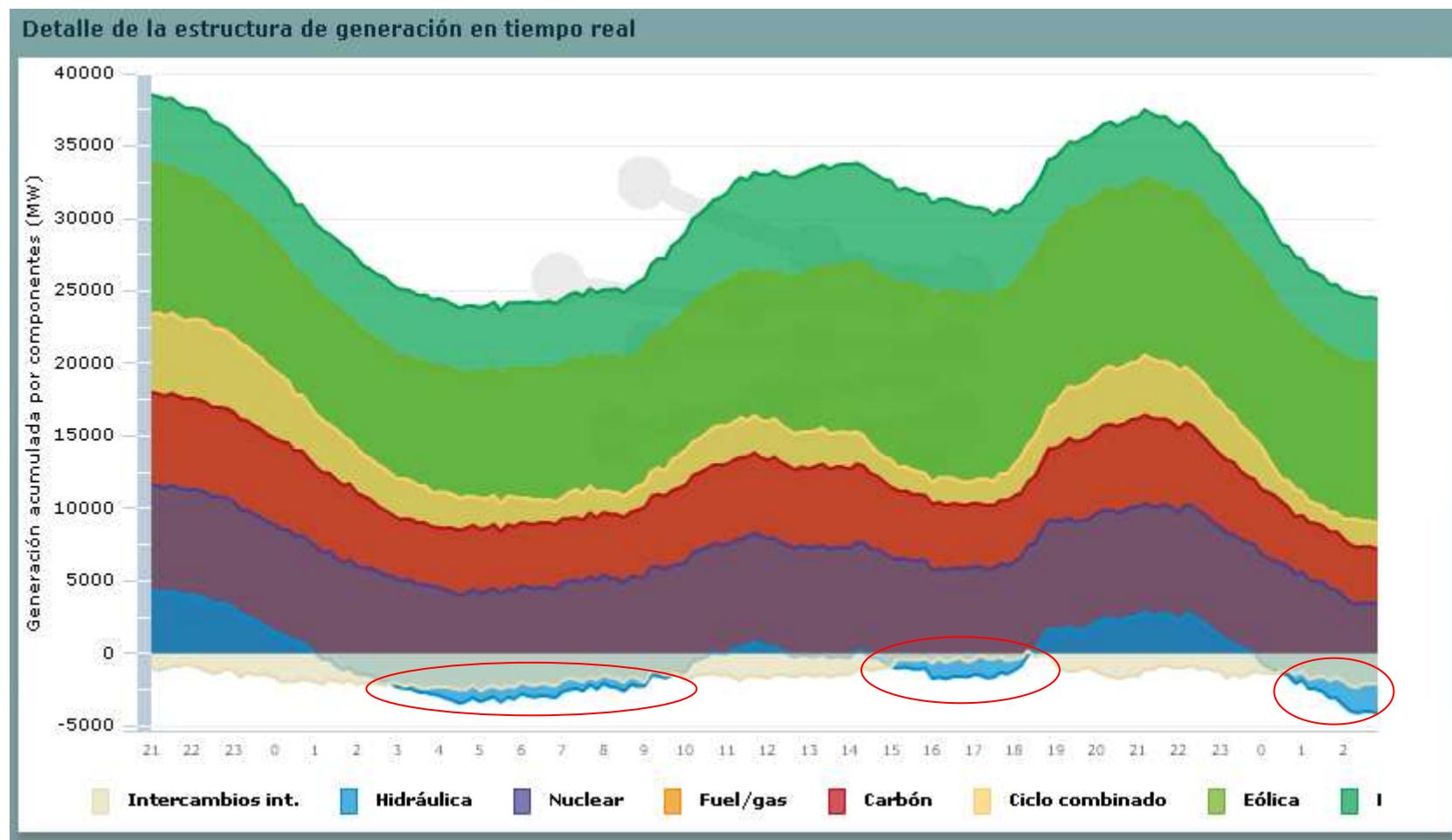
3.- Tecnologías: Bombeo hidráulico

Tecnalia Research & Innovation



Datos principales
Bombeo 6 MW
Turbinas 11,32 MW
Energía~300 MWh

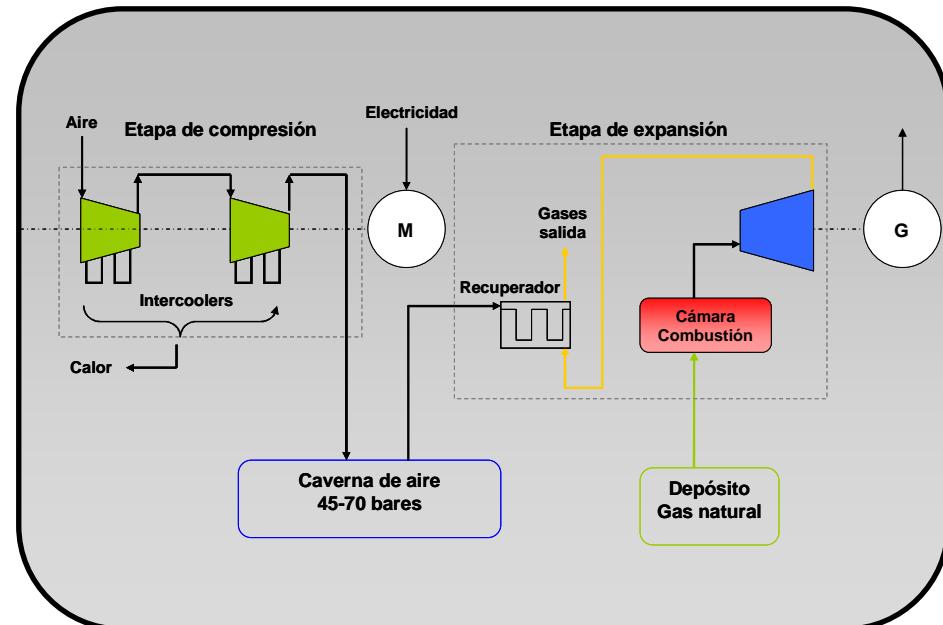
Estructura de generación 5/02/2012 (Fuente REE)



Principio y características

Almacenamiento mecánico de energía. Se emplea energía eléctrica para comprimir y almacenar aire en depósitos naturales (cavernas, minas,...). Para volver a generar energía se extrae el aire y se expande a través de una turbina de combustión.

- Existen 2 instalaciones en el mundo
- Existen nuevos conceptos en desarrollo, para aumentar la eficiencia del ciclo
- ✓ Potencia y energía son independientes
- ✓ Requiere gas natural (CAES convencional)
- ✗ Baja densidad de energía
- ✗ Dependen de la presencia de formaciones geológicas
- ✗ Eficiencia del ciclo



Parámetros

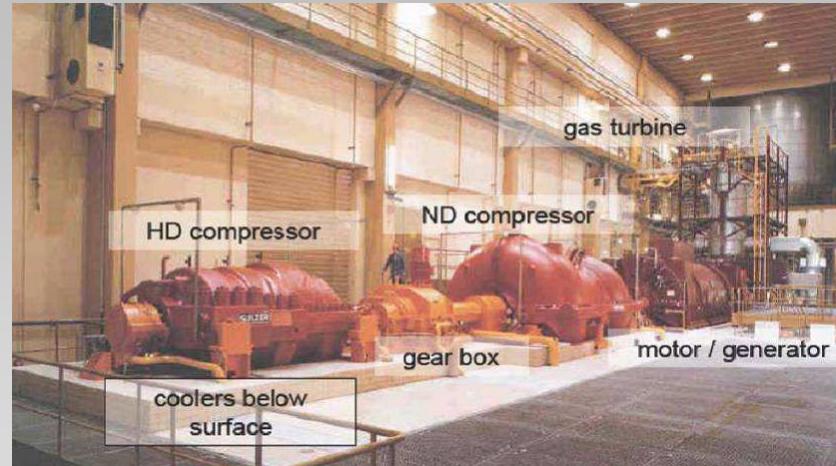
- Eficiencia global: 50 %
- Potencia: 100 – 500 MW
- Energía: 100 -1500 MWh
- Vida útil: > 30 años
- Coste: 700 -1.200 \$/kW





Huntorf (Alemania) 1978

- Reserva de emergencia, evitar mercados caros
- 321 MW – 2 horas
- 310.000 m³ / 46 - 72 bar
- 41,2 % de eficiencia



McIntosh (EEUU) 1991

- Gestión de picos
- 110 MW – 26 horas
- 500.000 m³ / 45 – 76 bar
- 53,8 % de eficiencia

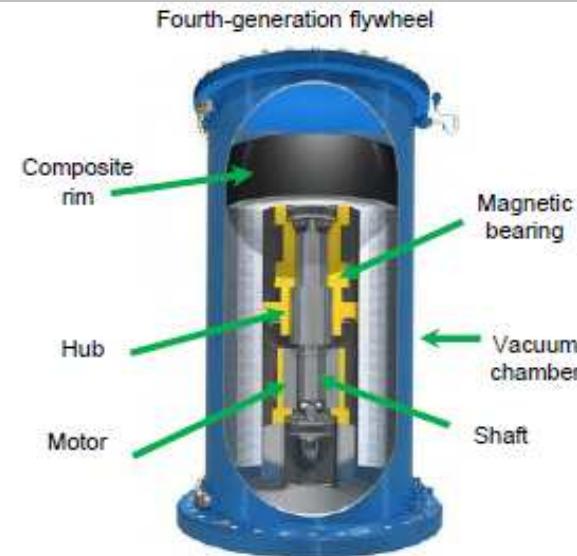


Principio y características

Almacenamiento mecánico energía en forma de energía cinética (masa girando a gran velocidad).

$$E(kWh) = \frac{1}{2} J \cdot \omega^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} J = \text{Momento de Inercia} \\ \omega = \text{Velocidad angular} \end{array} \right.$$

- Método de almacenamiento muy antiguo (torno de alfarero)
- Disco de metal (8.000 rpm) o composite (60.000 rpm) que gira en un cámara de vacío
- ✓ Elevada densidad de potencia
- ✓ Elevada velocidad de respuesta
- ✓ Alta eficiencia
- ✓ Muchos ciclos de vida
- ✗ Baja densidad de energía



Parámetros

- | | |
|---------------------------|----|
| Eficiencia: >90 % | ★★ |
| Potencia: 0,1-20 MW | ★★ |
| Energía: 0,1-2 MWh | ★ |
| Vida útil: 125.000 ciclos | ★ |
| Coste: 300 – 500 \$/kW | ★ |



Stephentown, NY, EE.UU. Planta 20 MW, 1,67 MWh,

- 200 Flywheels (100 kW / 0,83 kWh)
- Beacon Power
- 10 % del mercado del área de regulación

Principio y características

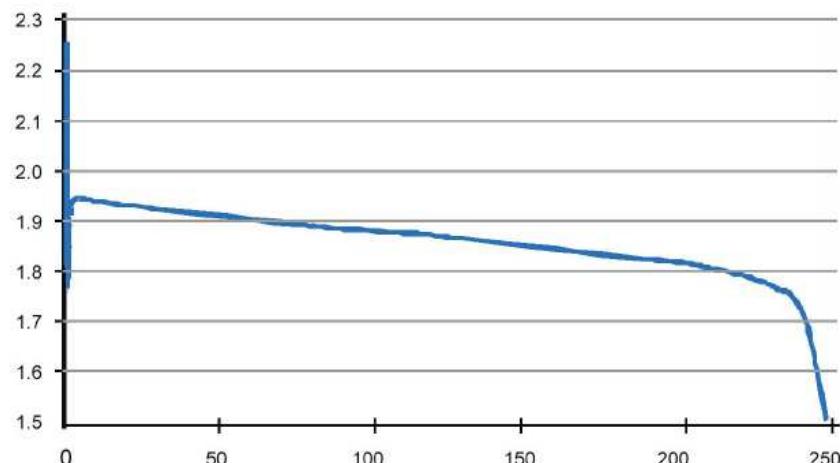


- Celda: 2,1 V (1,8-2 V)
- Varios tipos: abiertas, selladas, de gel, etc. Baterías avanzadas de Plomo
- Muy empleadas para SAIs o como backup
- Capacidad de la batería relacionada con la potencia de descarga (Ley de Peukert)
- ✓ Tecnología madura y de bajo coste
- ✗ Baja densidad de energía y potencia
- ✗ Pequeño rango de T^a de trabajo
- ✗ Corta vida útil. Los ciclos de vida dependen de la profundidad de descarga
- ✗ Requieren mantenimiento



Parámetros

Eficiencia: 70-85 %	★
Potencia: 0,1 – 10 MW	★
Energía: 0,1 – 20 MWh	★
Vida útil: 500-1.000	★
Coste: 150-300 \$/kWh	★



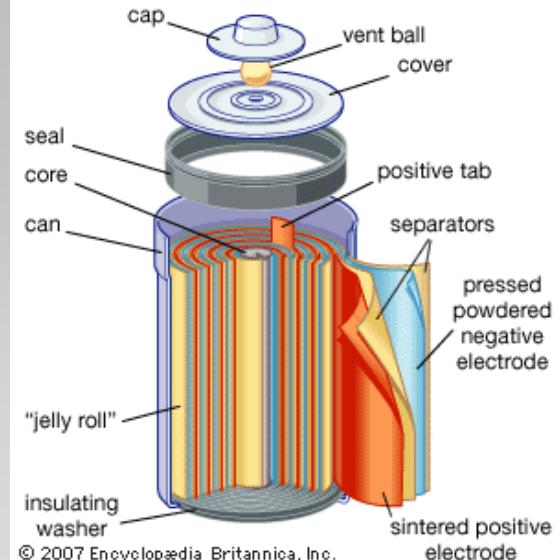
Chino-Sur de California (EEUU)

- Gestión de energía en una subestación
- 10 MW / 40 MWh

Principio y características

Batería de electrodo positivo de Níquel y negativo de Cadmio.

- Celda: 1,2 V (0,9 -1,5V)
- Existen varios tipos, portátiles, estacionarias, selladas
- Buen comportamiento en amplio rango de temperaturas
- Están siendo sustituidas por las de Ni-MH.
- Aplicación tradicional como UPS
- ✓ Mayor densidad de energía, vida útil y menor mantenimiento que las de Pb-Acido
- ✗ El Cadmio es muy tóxico, están prohibidas para muchas aplicaciones.
- ✗ Autodescarga (5-10% mensual)
- ✗ La vida depende del uso



Parámetros

- | | |
|------------------------|---|
| Eficiencia: 70-75 % | ★ |
| Potencia: 0,1 – 40 MW | ★ |
| Energía: 0,1 – 40 MWh | ★ |
| Vida útil: 1.000-3.500 | ★ |
| Coste: 150-200 \$/kWh | ★ |



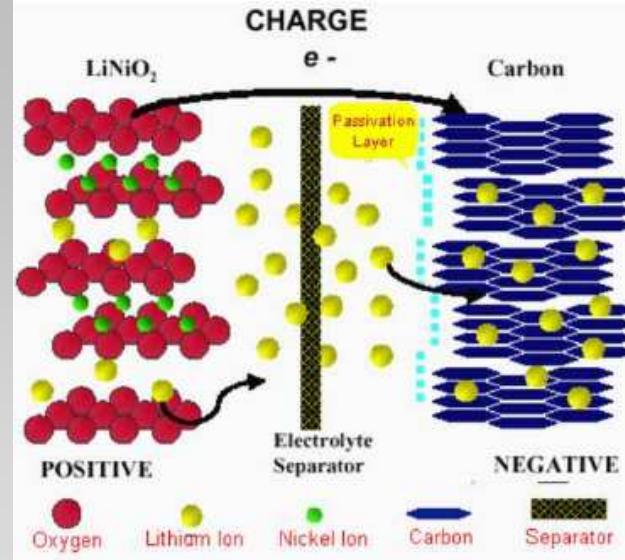
Fairbanks (Alaska)

- Mayor Instalación de baterías de el mundo (Ni-Cd)
- 40 MW – 7 minutos / 26MW – 15 minutos
- Reserva frente a cortes en la red: 82 eventos en 2006

Principio y características

Baterías recargables de intercambio de iones de Litio (Li+). Existen diversas químicas: LiFePO₄, Li-Polímero, Li(NiCoAl)O₂, LiMn₂O₄, etc

- Celdas: 3,2-3,9 V, cilíndricas o prismáticas
- La tensión de la celda depende del estado de carga
- Tecnología impulsada por el vehículo eléctrico y la electrónica de consumo
- ✓ Gran densidad de energía y potencia
- ✓ Larga vida útil
- ✗ Se requieren circuitos electrónicos (BMS) para optimizar la vida útil y permitir un uso seguro
- ✗ Ciclos de vida dependientes del uso

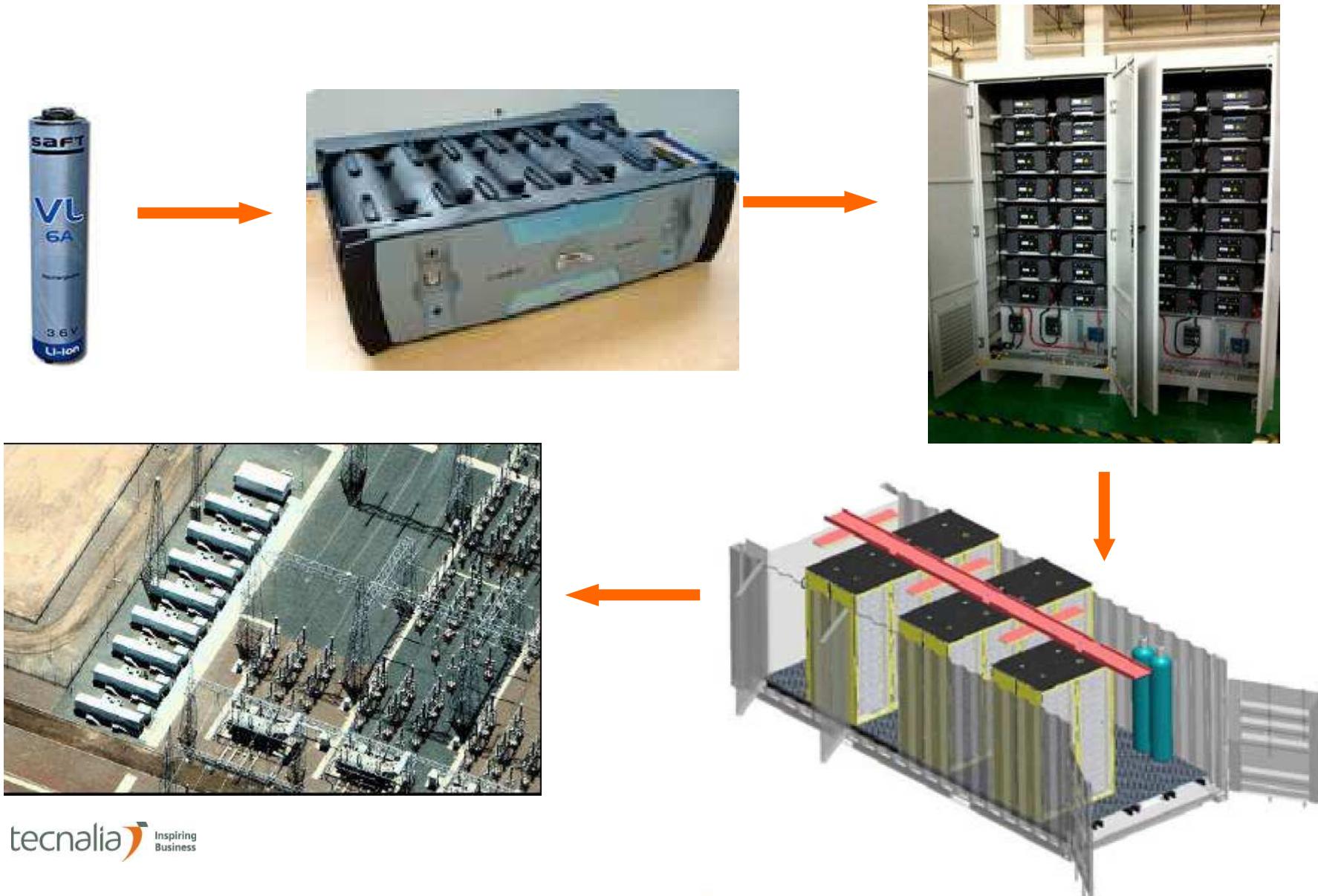


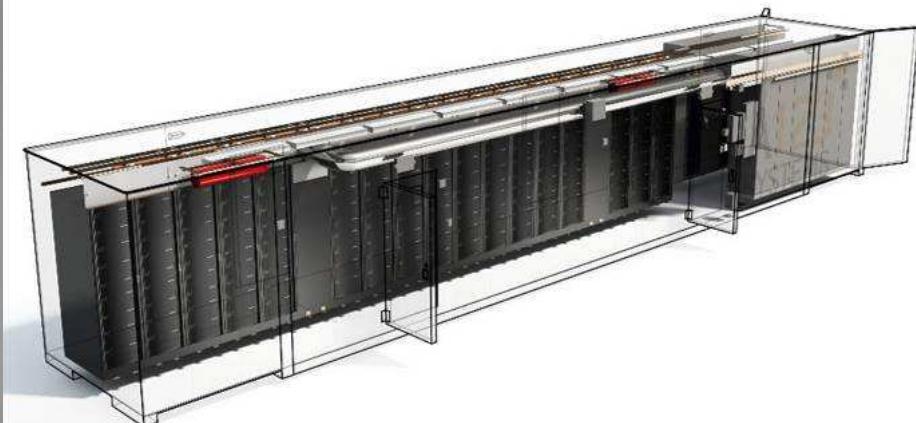
Parámetros

- | | |
|--------------------------------|---|
| Eficiencia: 95 % | ★ |
| Potencia: 0,1 – 10 MW | ★ |
| Energía: 0,1-10 MWh | ★ |
| Vida útil: 2.000-10.000 ciclos | ★ |
| Coste: 1.000-2.000 \$/kW | ★ |

3.- Tecnologías: Batería de Li-Ión

Tecnalia Research & Innovation





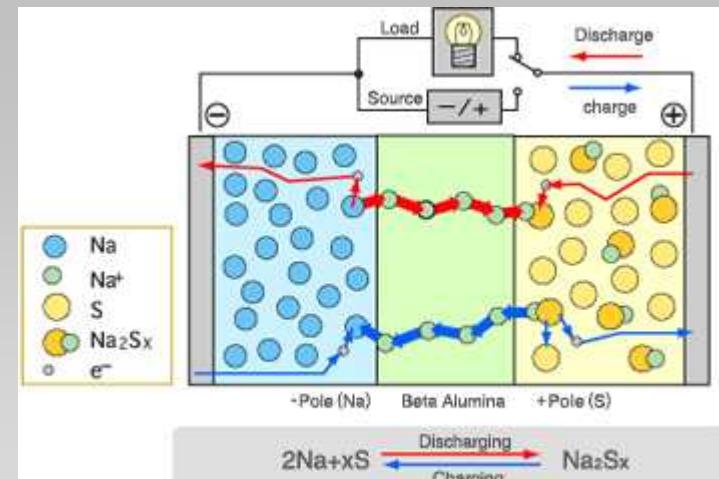
Parque eólico Laurel Mountain, West Virgina. EE.UU. 2011

- Promovido por AES Corporation. Baterías de A123 Systems
- 32 MW durante 15 segundos
- 1,3 millones de celdas de Li-Ión
- Regulación de frecuencia y suavizado de generación eólica

Principio y características

Batería de alta temperatura (300 °C). Consta de dos electrodos líquidos (Na y S fundidos) separados por un electrolito sólido de beta alumina que permite el paso de iones de sodio Na⁺.

- Celda: 2,1 V (1,8-2 V)
- Tecnología desarrollada originalmente para automoción. Desarrollada para aplicaciones estacionarias por NGK Insulators (Japón)
- Es la tecnología de baterías más implantada para aplicaciones de red. Más de 174 instalaciones en 6 países.
- ✓ Elevada densidad de potencia y energía
- ✓ Bajo mantenimiento
- ✗ Problemas con aislamiento térmico
- ✗ Riesgo de incendios (2011 el primero)
- ✗ Potencia y energía están relacionados



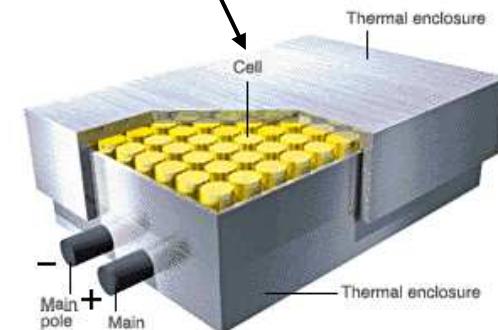
Parámetros

- | | |
|--------------------------------|--|
| Eficiencia: 70 - 75 % | |
| Potencia: 1 - 10 MW | |
| Energía: 1 - 10 MWh | |
| Vida útil: 2.500 - 5000 ciclos | |
| Coste: 1.000 – 3.000 \$/kW | |

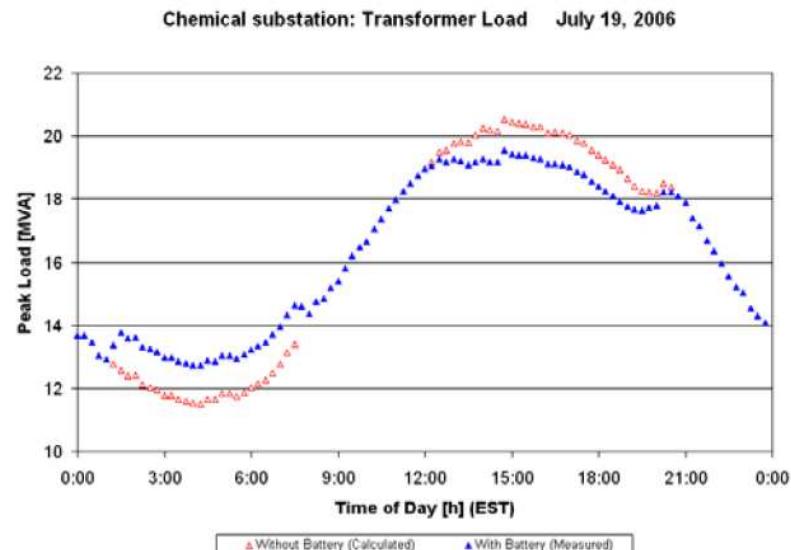


Parque eólico Rokkasho (abril 2008)

- Aerogeneradores: 54MW (1.5MW x 34)
- NaS: 34MW (2MW x 17)
- Objetivo: ofrecer una generación constante y ajustada a las previsiones.



50 kW, 360 kWh

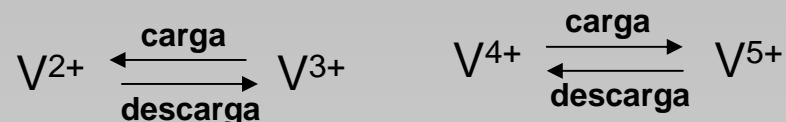


Subestación de un complejo químico en Charleston (2006)

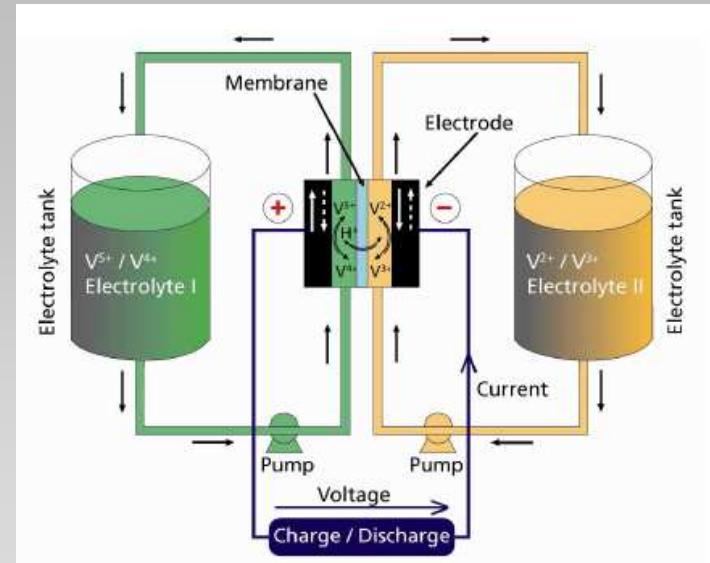
- Primera aplicación comercial en EEUU
- 1,2 MW / 6h
- Apoyo durante los picos de consumo
- Permite retrasar la ampliación de la subestación

Principio y características

Almacenamiento químico de energía en electrolitos líquidos que contienen especies electroactivas.



- Constituidas por un stack de celdas (determina la potencia) y por 2 tanques de electrolito (determinan la energía).
- Celda 1,5 V
- Capacidad de escalado.
- ✓ Potencia y energía son independientes
- ✓ Elevado número de ciclos de vida
- ✗ Baja densidad de energía
- ✗ Sistemas complejos
- ✗ Alta variación de tensión con el SOC.

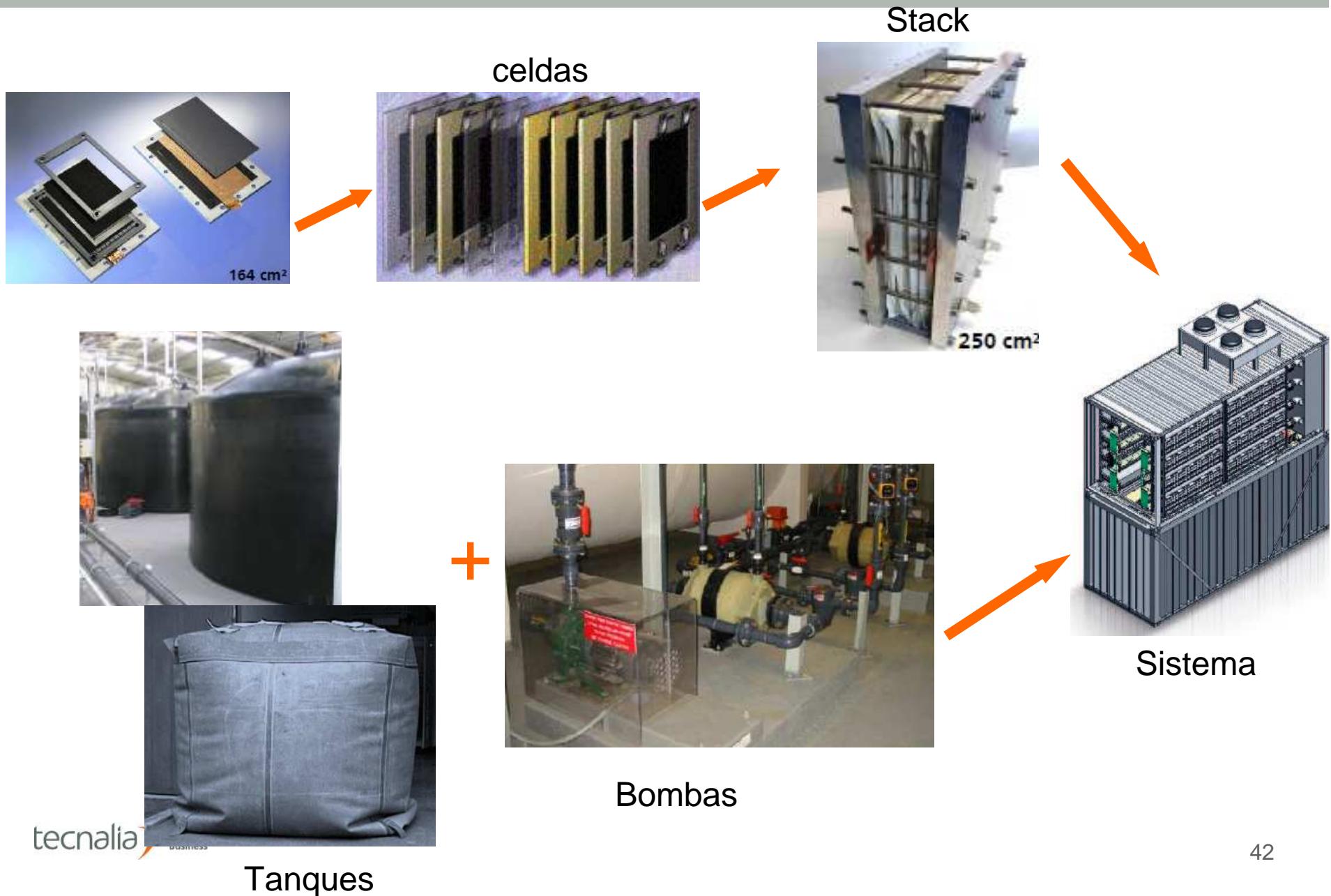


Parámetros

- | | |
|---------------------------|---|
| Eficiencia: 70 - 80 % | ★ |
| Potencia: 0,1 - 10 MW | ★ |
| Energía: 0,2 - 20 MWh | ★ |
| Vida útil: >10.000 ciclos | ★ |
| Coste: 600 – 1.500 \$/kW | ★ |

3.- Tecnologías: Baterías de Flujo (VRB)

Tecnalia Research & Innovation





Parque eólico de King Island, Tasmania.

- Baterías de Sumitomo Electric
- 200 kW / 800 kWh y potencia pico de 400 kW durante 10 segundos
- Suavizado del perfil eólico, facilitando el control de frecuencia que realiza un generador diesel



CellCube FB100 Cellstrom (Gildemeister)

- 10 kW / 100 kWh
- 10 stacks de 1 kW



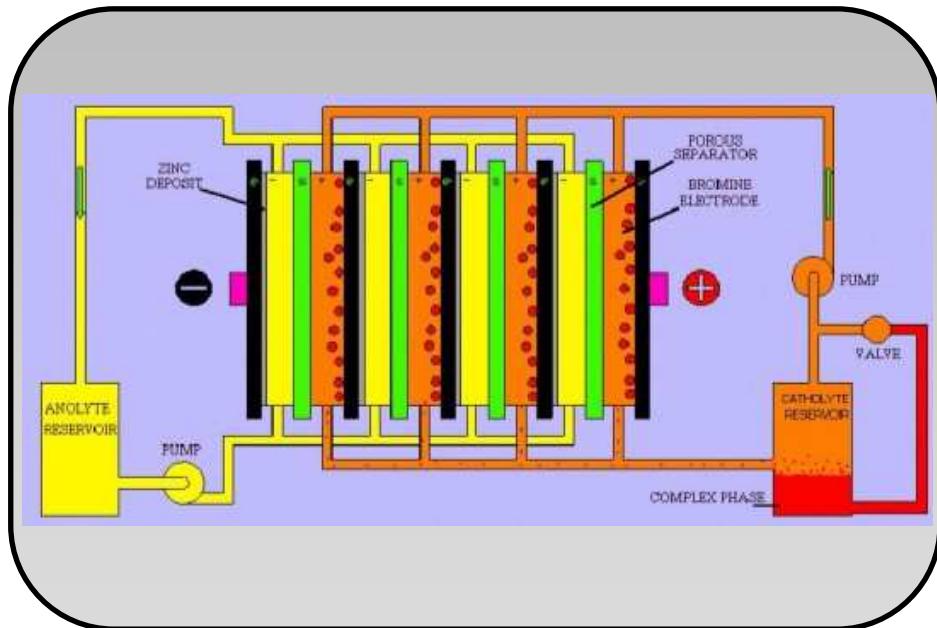
Prudent Energy, Kitangi, Kenya

- Módulo de VRB de 5 kW / 30 kWh
- Sistema aislado con generadores diesel

Principio y características

Es un tipo de batería de flujo en la que los electrolitos son soluciones acuosas de bromuro de zinc ($ZnBr_2$)

- Intercambio de Zn^{2+} y Br^- .
- Celdas de 1,8 V
- No hay independencia total entre potencia y energía.
- ✓ Flexibilidad: modularidad y escalabilidad
- ✓ Densidad de energía superior a las VRB
- ✓ Coste relativamente Bajo
- ✗ Naturaleza corrosiva del Bromo, que ataca a los componentes de la batería.
- ✗ Peligro de contaminación interna de la batería.
- ✗ Necesidad de mantenimiento.



Parámetros

- Eficiencia: 70-75 %
- Potencia: 0,1 – 4 MW
- Energía: 0,2 -10 MWh
- Vida útil: >3.000 ciclos
- Coste: 700 – 2.500 \$/kW





Módulos ZBr del orden de MW

- VRB (Módulos de 7 kW)
- RedFlow (Módulos de 5kW/10kWh)

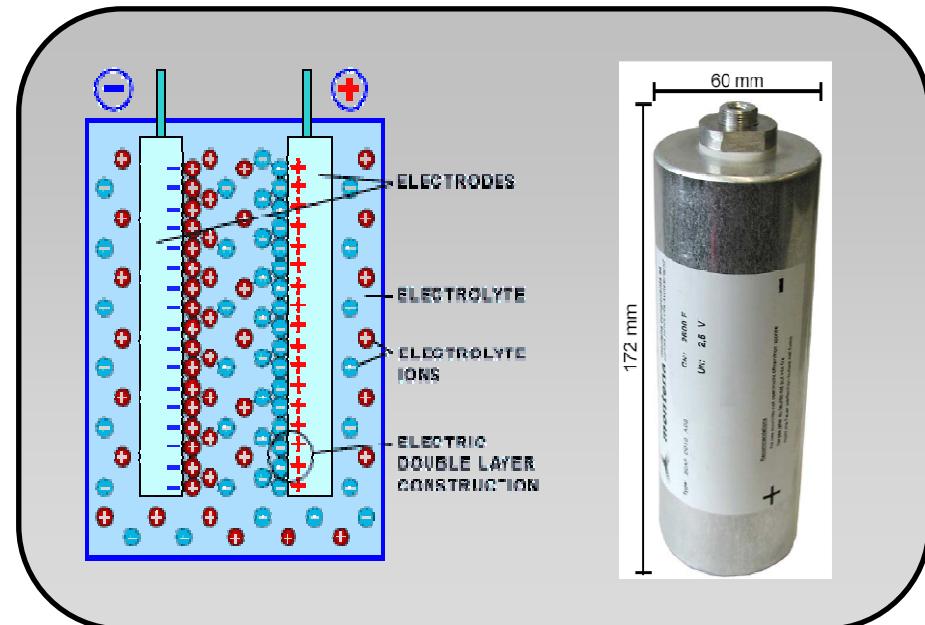


Principio y características

La energía se almacena en el campo eléctrico existente entre dos conductores

$$E = \frac{1}{2} C \cdot V^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} C = \text{Capacidad} \\ V = \text{Tensión} \end{array} \right. \quad C = \epsilon \cdot \frac{S}{d}$$

- Celdas de 2,2 V y 2.600 F
- Elevados valores de capacidad (miles de Faradios). Emplean electrodos de carbón activo con elevada superficie útil
- Aplicaciones en tracción: frenado regenerativo en trenes y ascensores
- ✓ Elevada densidad de potencia
- ✓ Elevado número de ciclos de vida
- ✓ Amplio rango de T^a de funcionamiento
- ✗ Baja densidad de energía
- ✗ Requieren circuito de equilibrado



Parámetros

- Eficiencia global: 85-98 %
- Potencia: <1 MW
- Energía: 0,01 - 0,5 MWh
- Vida útil: 100.000 ciclos
- Coste: 200-400 \$/kW





HECO SuperCap Demo (2006), parque eólico de Lalamilo

- Supercaps de Maxwell e inversor de S&C Electric
- 800 Vcc de tensión
- 640 supercondensadores
- 260 kW / 10 sec

Principio y características

La energía se almacena en el campo magnético de una corriente que fluye en una bobina superconductora.

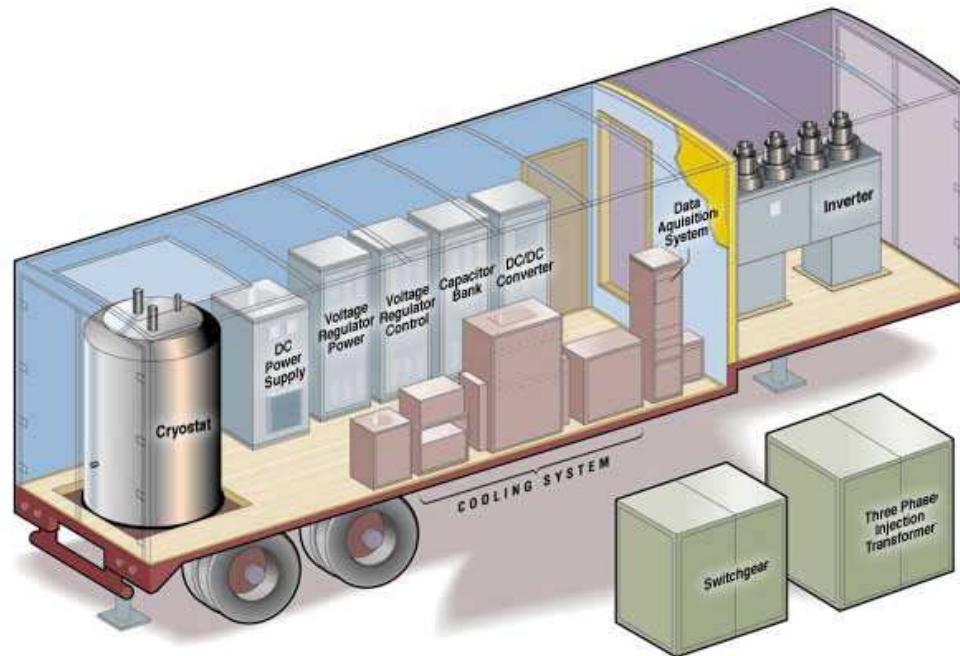
$$E = \frac{1}{2} L \cdot I^2 \quad \left\{ \begin{array}{l} L = \text{Inductancia} \\ I = \text{Corriente} \end{array} \right.$$

- Son bobinas con elevada inductancia mediante el empleo de superconductores
- Bajas temperaturas de operación 5-100 K
- ✓ Rendimiento elevado del orden 95%
- ✓ Respuesta muy rápida
- ✓ Vida útil independiente del DOD
- ✗ Requerimientos de refrigeración criogénica
- ✗ Costes de los superconductores



Parámetros

- | | |
|----------------------------|----|
| Eficiencia global: 90-95 % | ★★ |
| Potencia: 0,01-5 MW | ★★ |
| Energía: 0,001-0,5 MWh | ★ |
| Vida útil: >100.000 ciclos | ★ |
| Coste: -- | ★ |

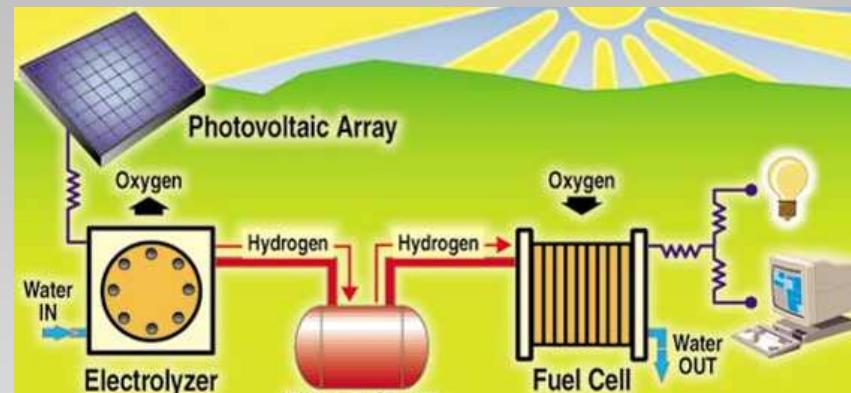


- D-SMES American Superconductor (EE.UU.). SMES 3 MW / 0,83 kWh
- Northern Wisconsin (EE.UU.). Año 2000, 6 unidades 3 MW / 0,83 kWh.
Calidad de suministro y compensación de potencia reactiva

Principio y características

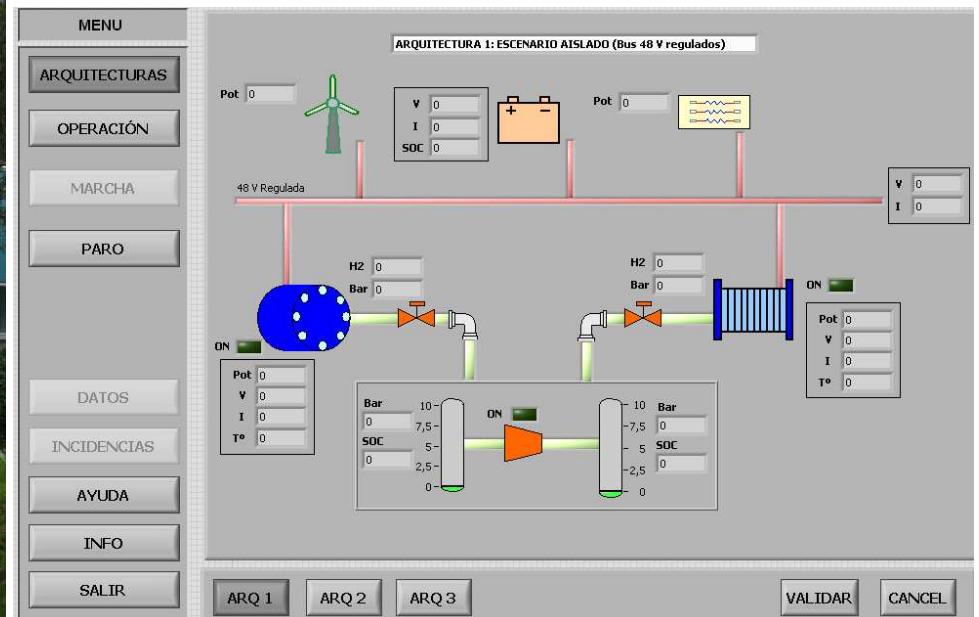
Producción de H₂ por electrólisis durante los periodos con exceso de energía. Generación de energía eléctrica a partir de hidrógeno mediante una pila de combustible.

- El sistema está formado por muchos equipos: electrolizador, compresor, tanques de H₂ y pila de combustible.
- ✓ Almacenamiento masivo de energía
- ✓ Potencia y energía son independientes
- ✓ Valorización del H₂, como un combustible limpio para otros usos: Vehículo eléctrico, inyección en redes de gas natural, etc
- ✗ Baja eficiencia
- ✗ Elevado coste capital
- ✗ Instalaciones grandes y complejas



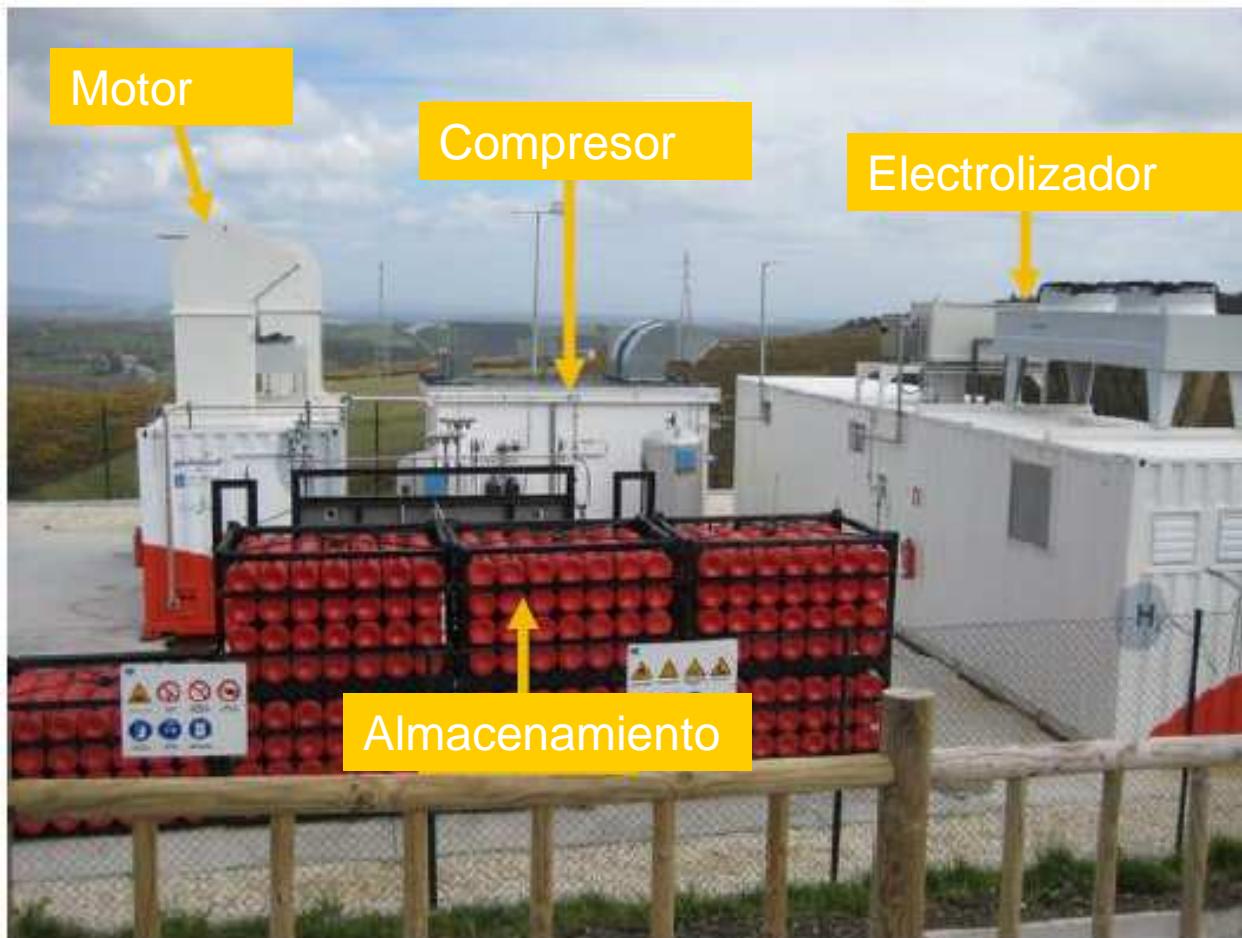
Parámetros

- | | |
|-----------------------------|---|
| Eficiencia global: < 40 % | ★ |
| Potencia: 0,01-10 MW | ★ |
| Energía: 0,1-100 MWh | ★ |
| Vida útil: >5000 ciclos | ★ |
| Coste: 5.000 - 10.000 \$/kW | ★ |



HIDROTEC- TECNALIA: Instalación de almacenamiento de H₂ para EERR

- Pila de Combustible PEM 6 kW
- Electrolizador Alcalino 30 bares 6 kW
- Banco de baterías Pb-Acido 48 V / 600 Ah
- Almacenamiento de H₂ a 30 y 200 bar



Almacenamiento de H₂, parque eólico Sotavento

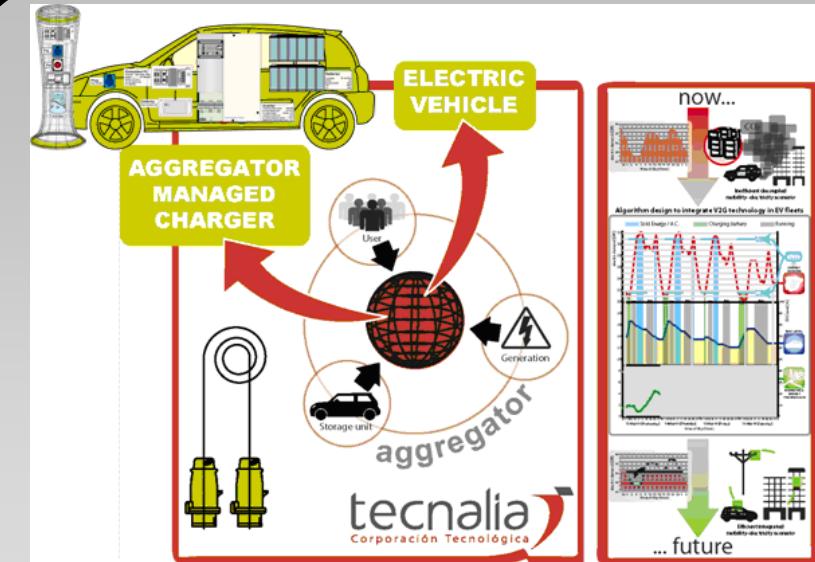
GasNatural Fenosa

- Electrolizador alcalino de 288 kW y 10 bar
- Deposito 200 bar
- Motor H₂ 60 kW

Principio y características

Almacenamiento de energía distribuido en varios vehículos, pero que se operan de forma conjunta.

- Requiere de puntos de recarga con capacidad bidireccional
- Requiere desarrollar el concepto de agregador: figura que gestionan un número determinado de puntos de recarga
- ✓ El coste de inversión es muy reducido, ya que se emplean baterías con otra función principal.
- ✗ La capacidad de potencia y energía disponible tienen un carácter estocástico.
- ✗ Puede afectar a las prestaciones del vehículo y a la vida útil de sus baterías.



Parámetros

- Eficiencia global: 90 %
- Potencia: -- MW
- Energía: -- MWh
- Vida útil: --
- Coste: --



3.- Comparativa: Parámetros claves

¿Qué se puede comparar?

- **Costes de inversión (CAPEX)**
 - Coste en términos de potencia ($\text{€}/\text{kW}$) y energía ($\text{€}/\text{kWh}$)
- **Costes de operación (OPEX)**
 - Mantenimiento e insumos
- **Eficiencia del ciclo**
- **Rango de potencia y energía**
- **Densidad de potencia y energía**
- **Dimensiones y peso**
- **Vida útil: número de ciclos**
- **Velocidad de respuesta**
- **Fiabilidad**
- **Impacto ambiental / Aceptación social**
- **Madurez**
- **Seguridad**

Worldwide installed storage capacity for electrical energy

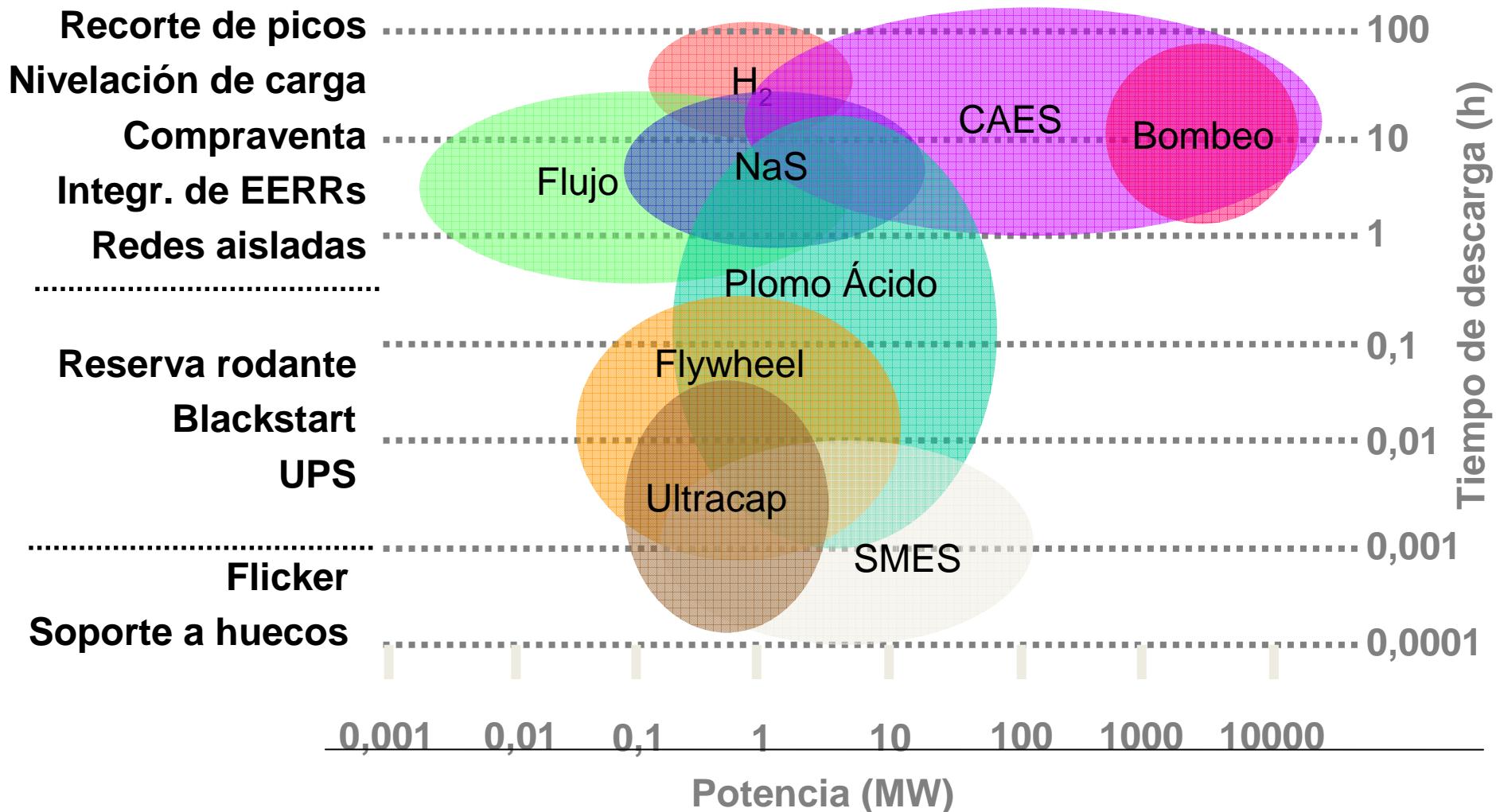
Pumped Hydro

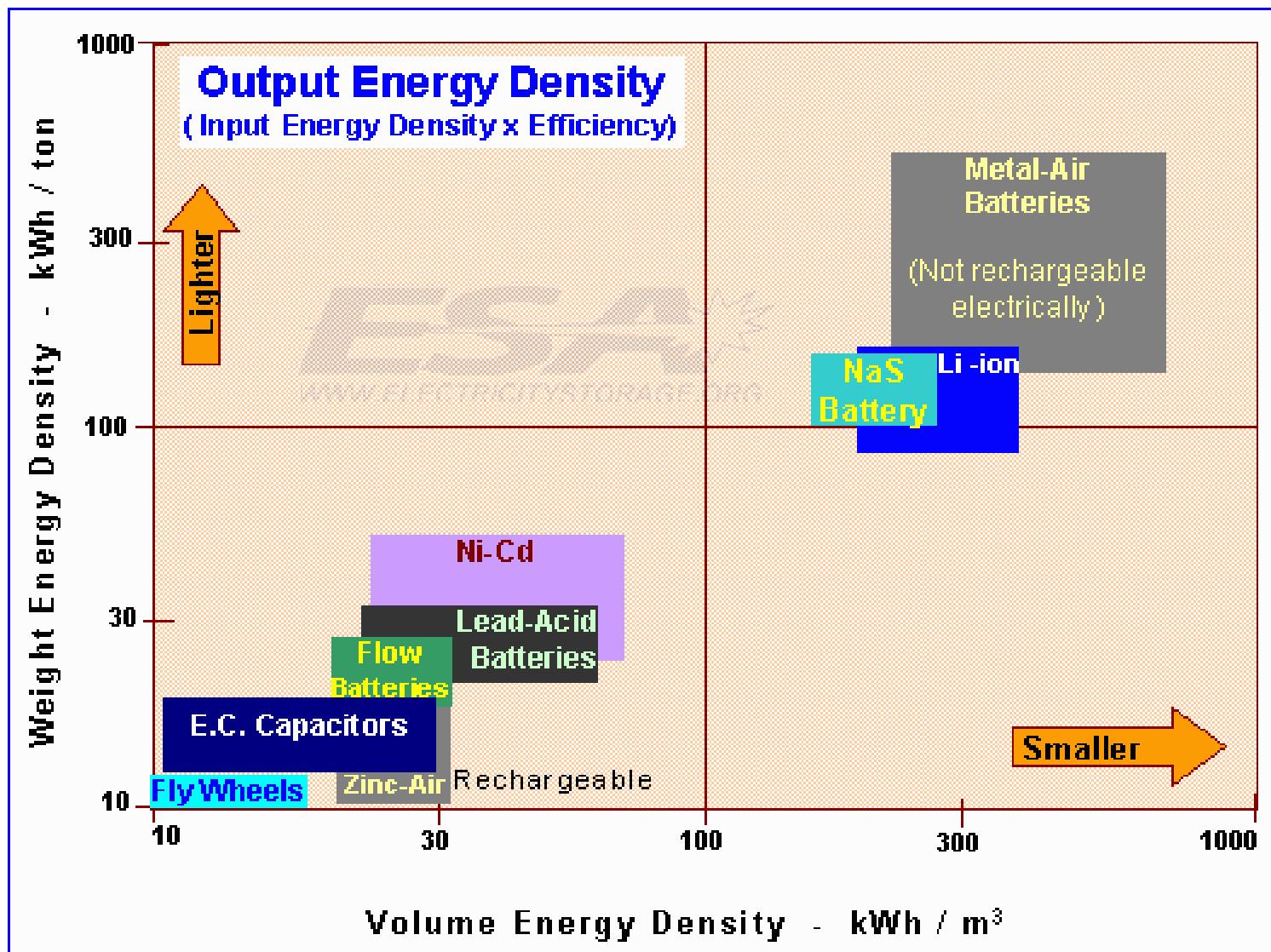
127,000 MW_{el}

Over 99% of
total storage capacity

Source: Fraunhofer Institute, EPRI

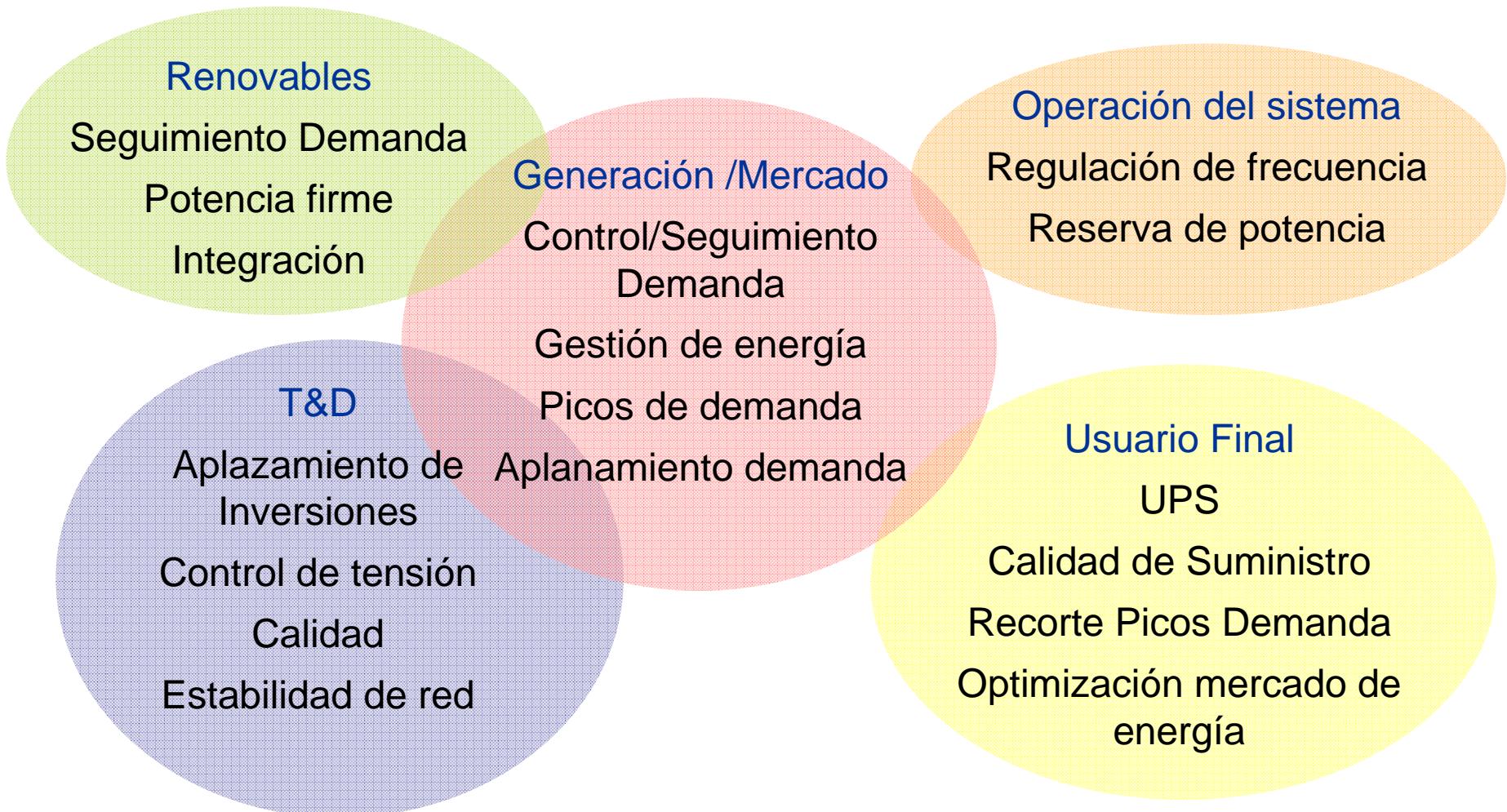
- Compressed Air Energy Storage
440 MW
- Sodium-Sulfur Battery
316 MW
- Lead-Acid Battery
~35 MW
- Nickel-Cadmium Battery
27 MW
- Flywheels
<25 MW
- Lithium-Ion Battery
~20 MW
- Redox-Flow Battery
<3 MW



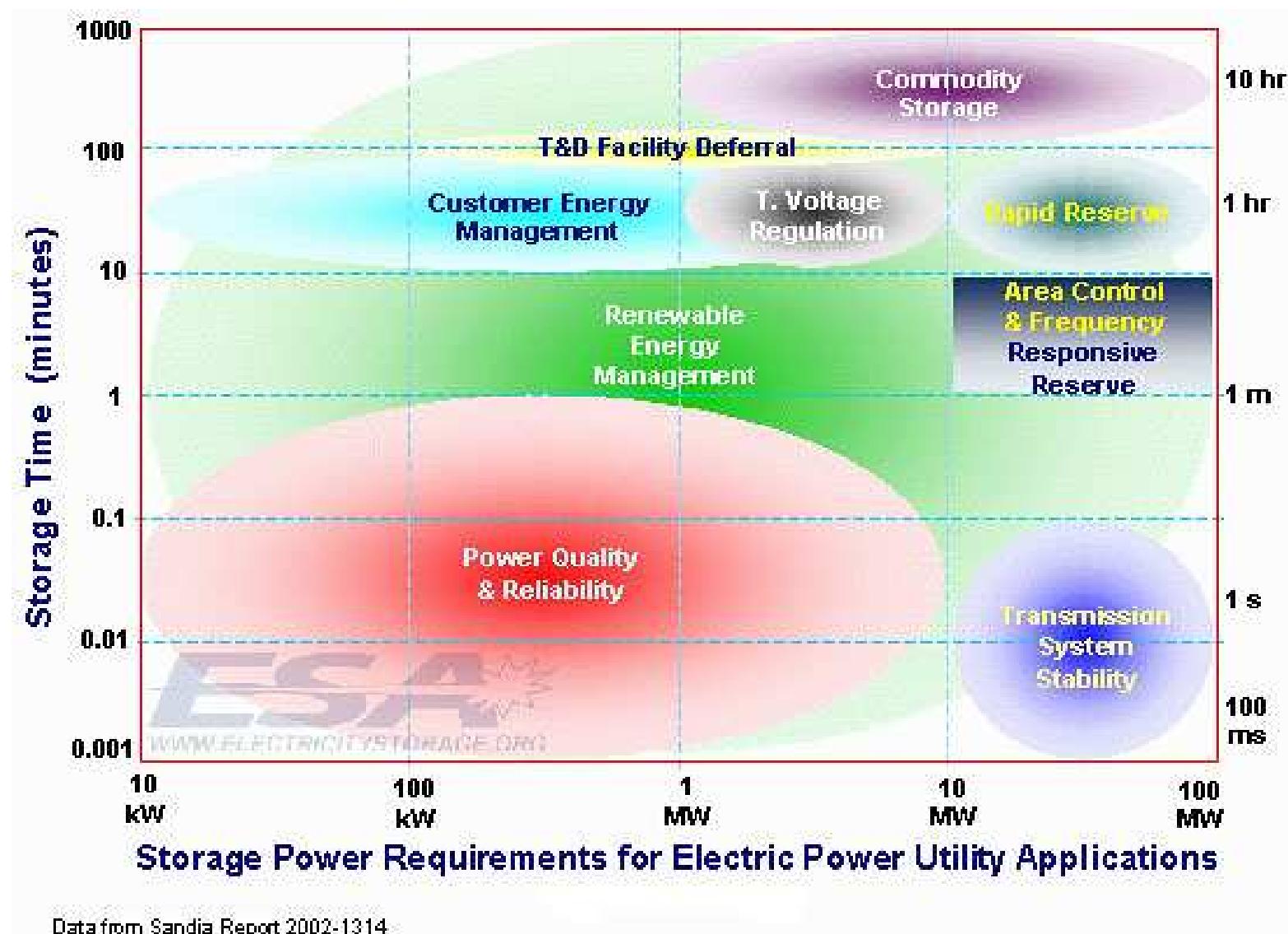


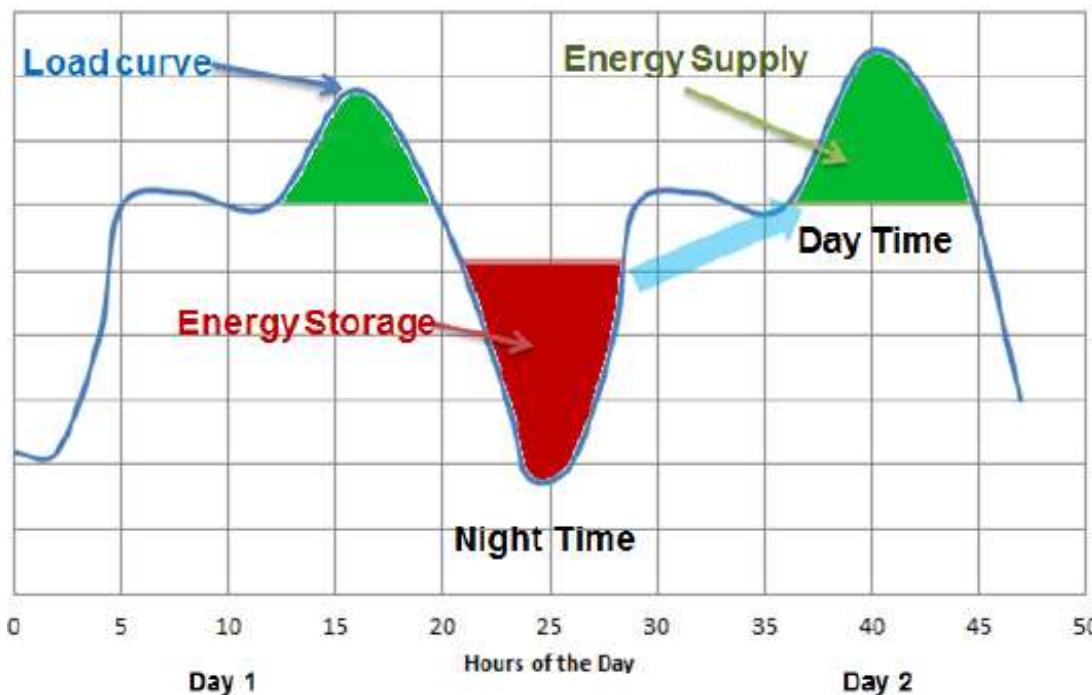
INDICE

- 1. TECNALIA**
- 2. ESTADO ACTUAL Y FUTURO DE LA RED ELECTRICA**
- 3. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA**
- 4. APLICACIONES EN LA RED**
- 5. CONCLUSIONES**



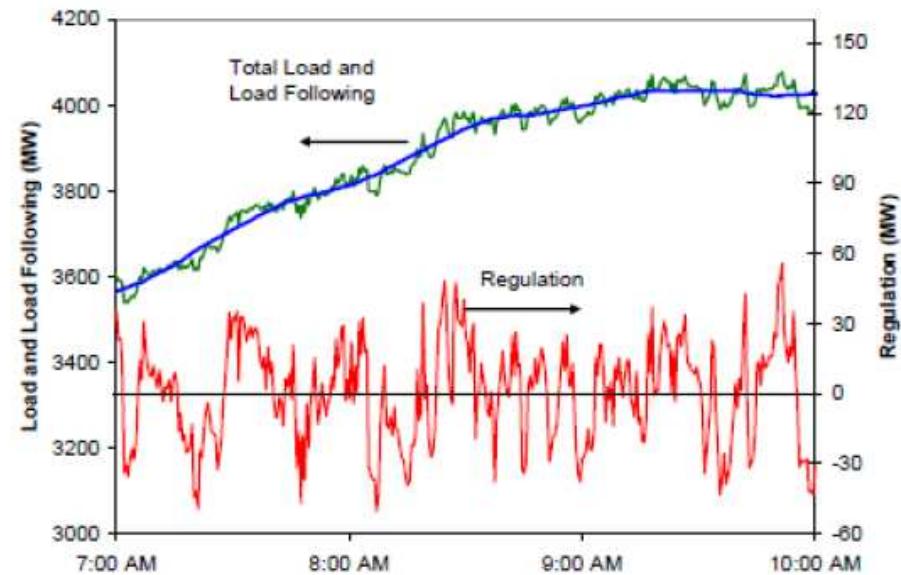
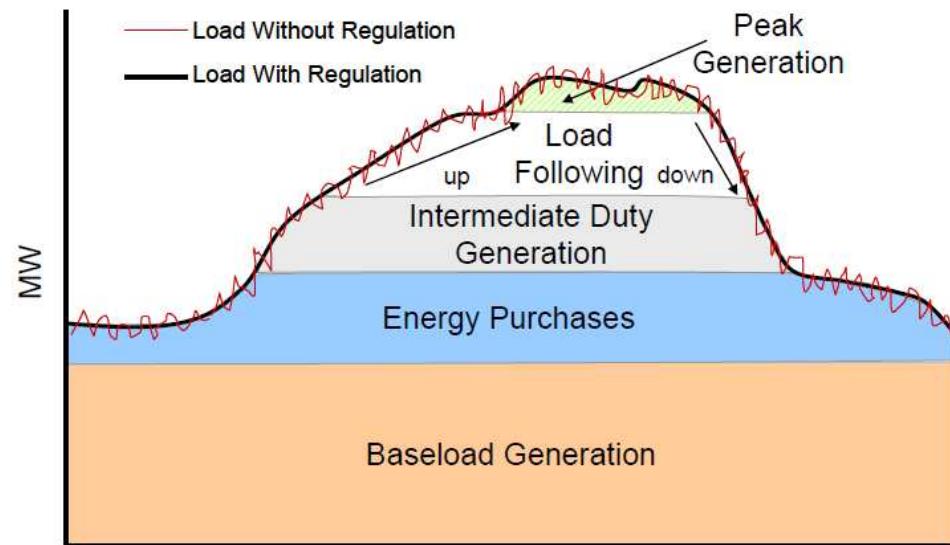
4.- Aplicaciones





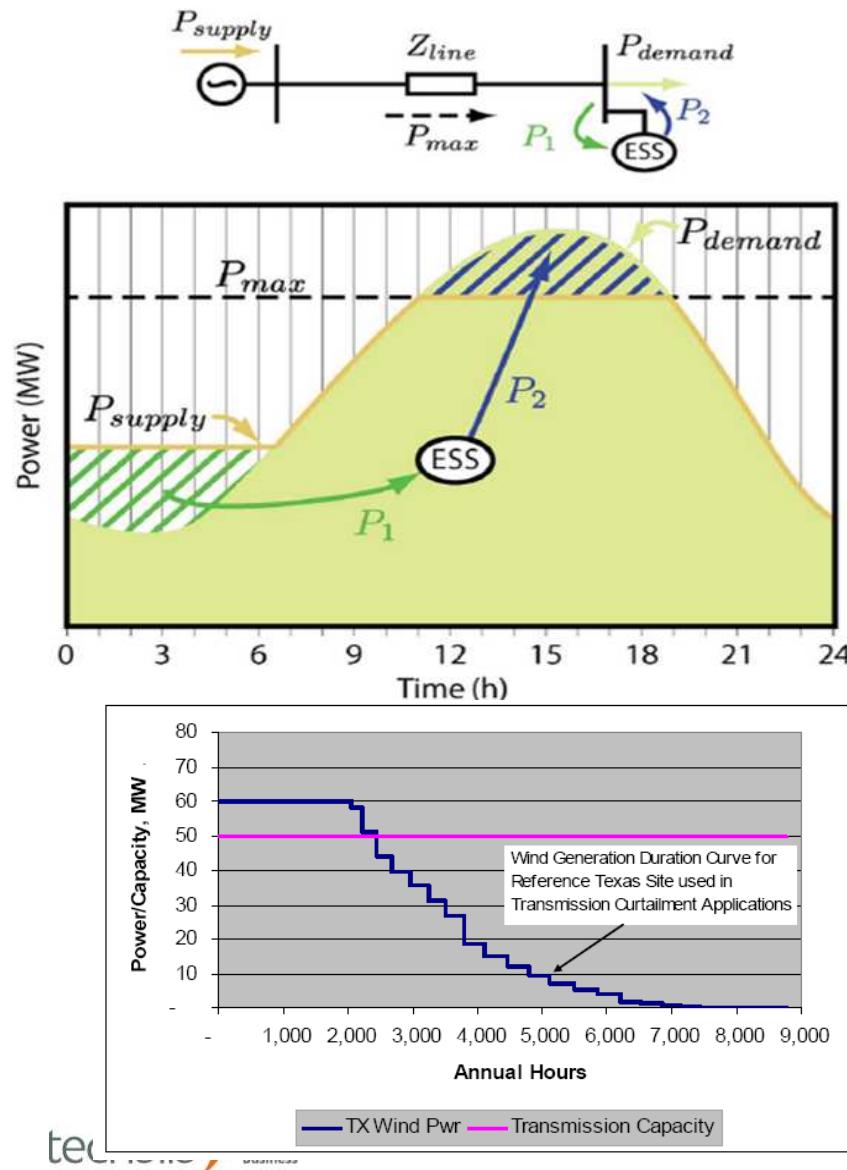
- Desplazamiento de generación
- Aplanamiento curva de generación
- Optimización de coste de generación e inversión
- Arbitraje de precios

- 0,1-100 MW
- 1-1000 MWh
- 500 ciclos/año



- Regulación de frecuencia
- Servicios complementarios
 - Reg. Primaria
 - Reg. Secundaria
- Reserva de potencia
- Blackstart

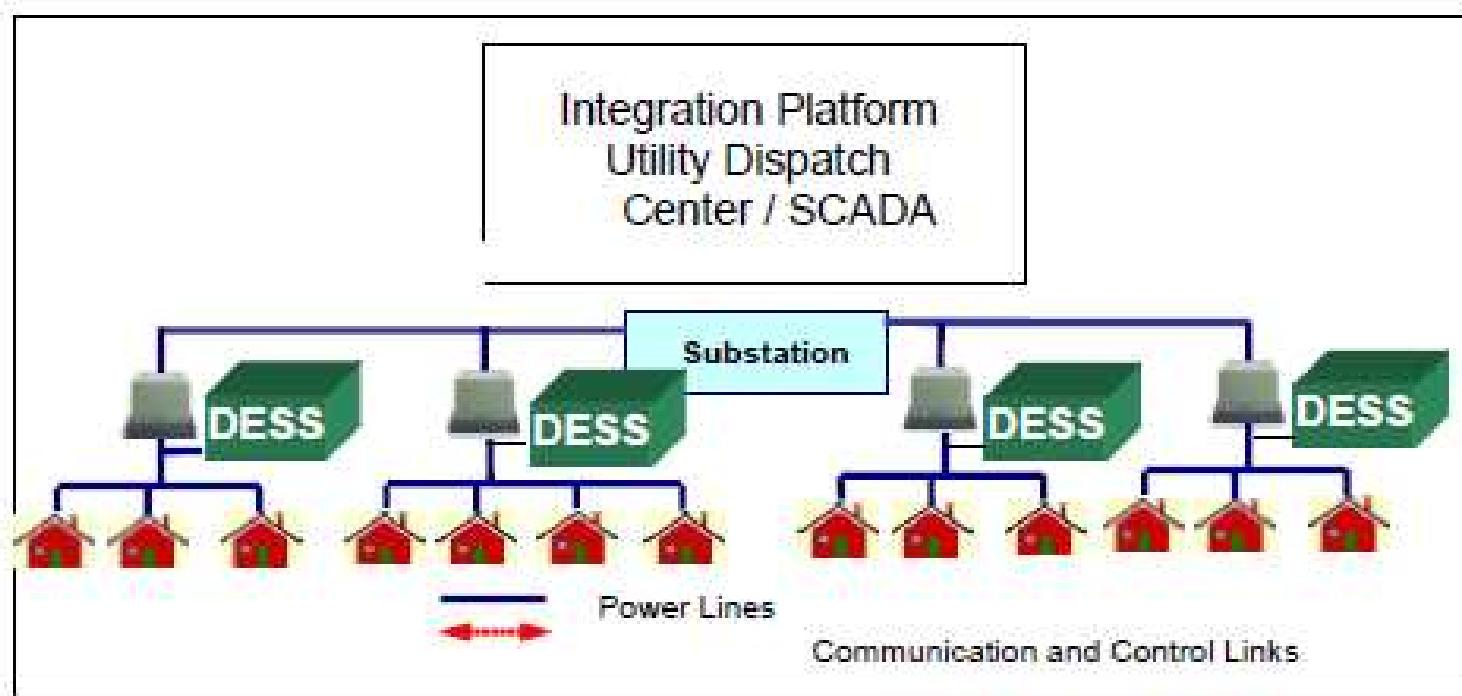
- 0,1-100 MW
- 0,1-100 MWh
- >5000 ciclos/año



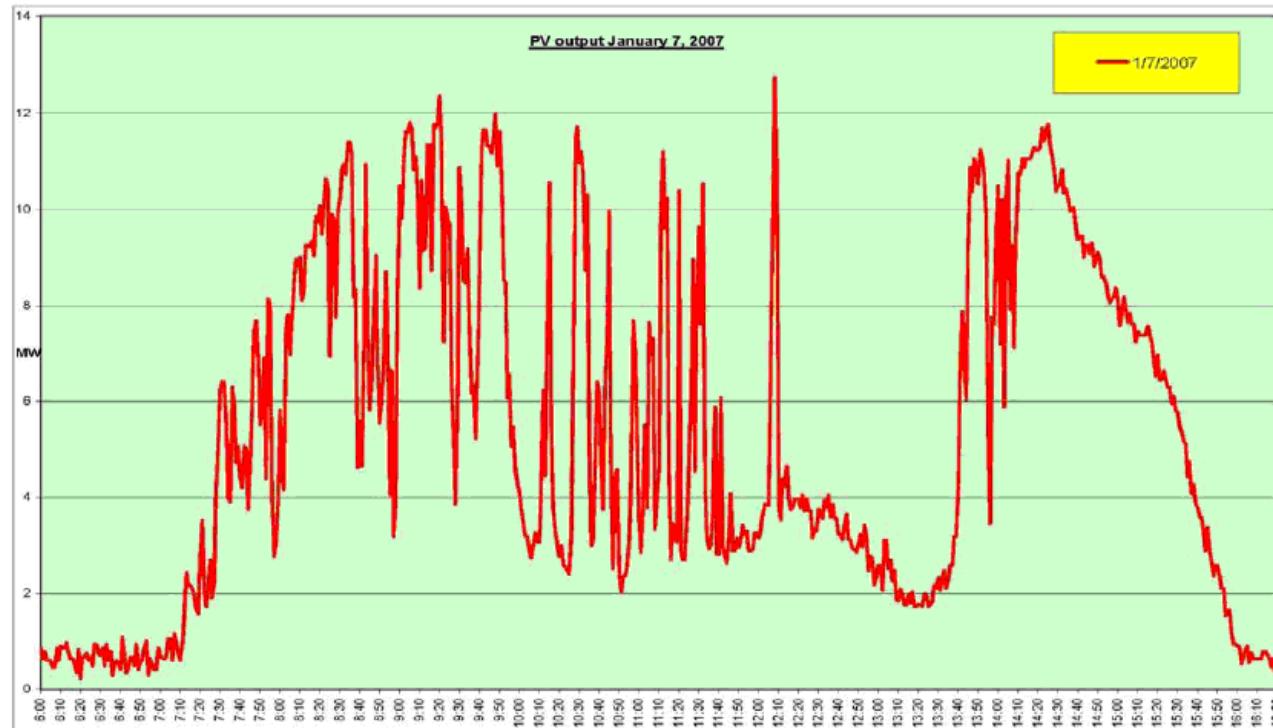
- Dimensionamiento óptimo de líneas (Potencia media).
- Aplazamiento de inversiones (Repotenciación de líneas).
- Control de Tensión / Reactiva.
- Muy interesante para evacuación de parques de EERR.

- 0,1-100 MW
- 0,1-100 MWh
- 500 ciclos/año

4.- Aplicaciones: Almacenamiento distribuido y gestión de renovables locales

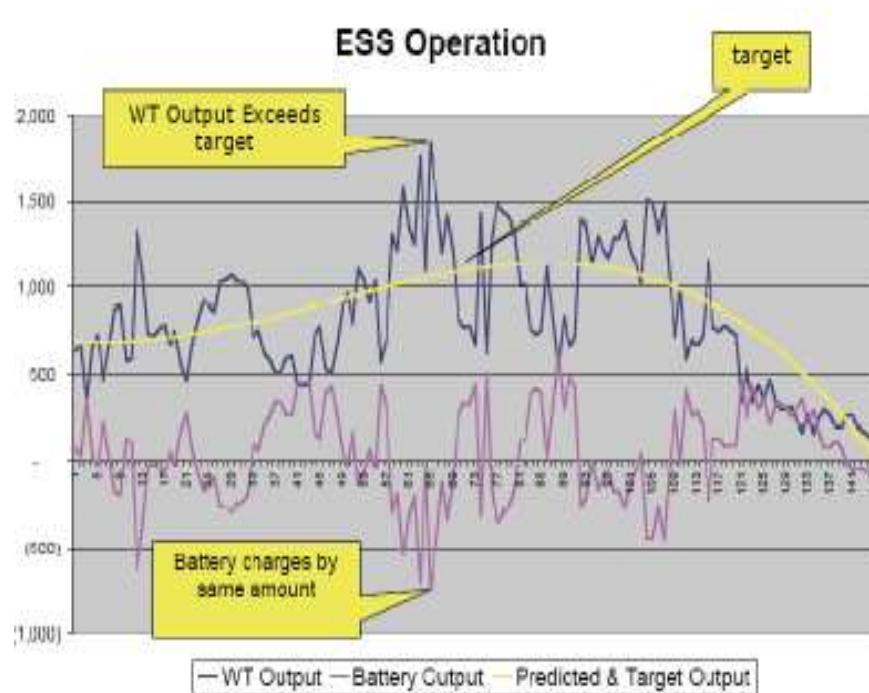


- Gestión local de renovables
- Mejora calidad del suministro eléctrico:
 - Armónicos, desequilibrios de tensión, factor de potencia.
 - Continuidad del suministro ante interrupciones.

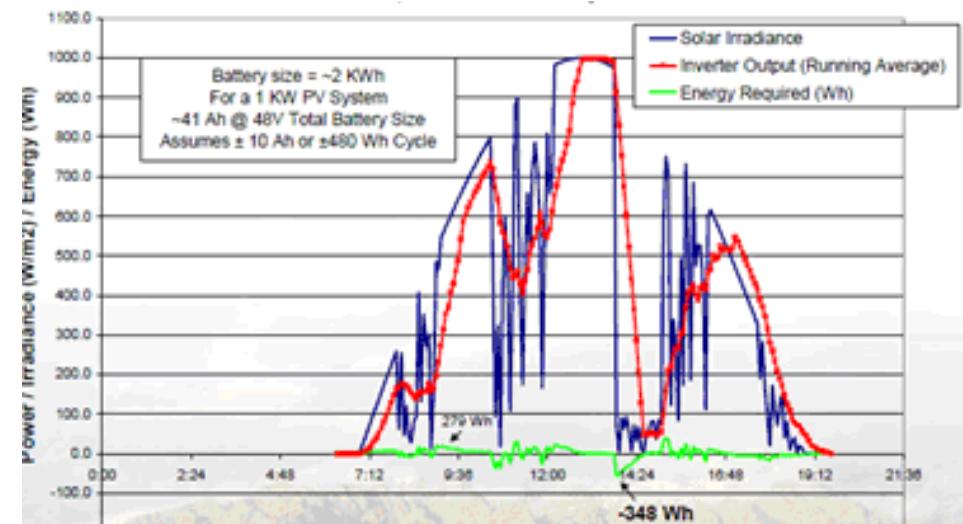


- Suavizado de rampas
- Rachas de viento / paso por nube
- Carácter estocástico del recurso
- 0,1-10 MW
- 0,1 MWh
- > 1.000 ciclos/año

4.- Aplicaciones EERR: Suavizado de generación

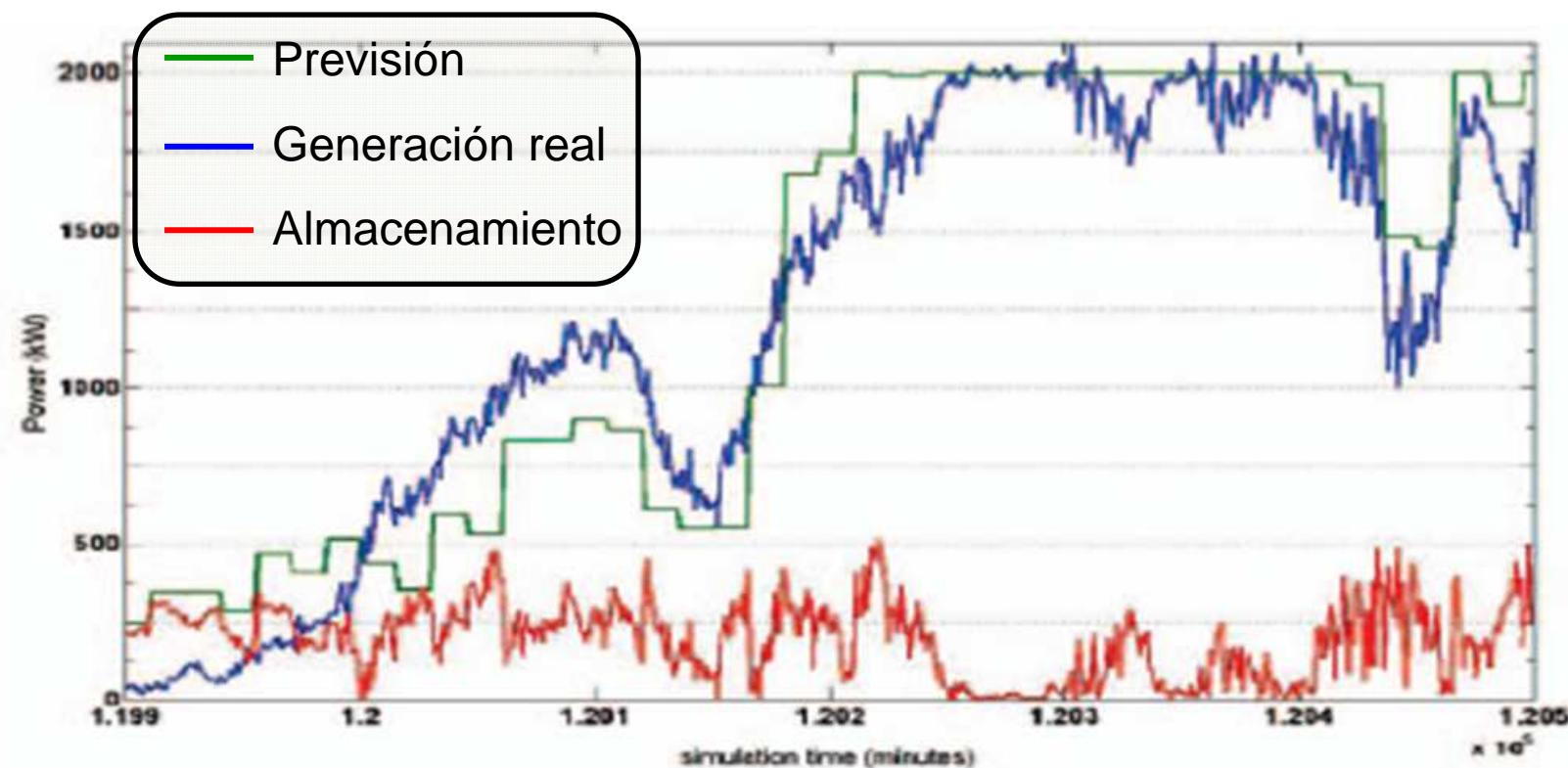


Suavizado parque eólico



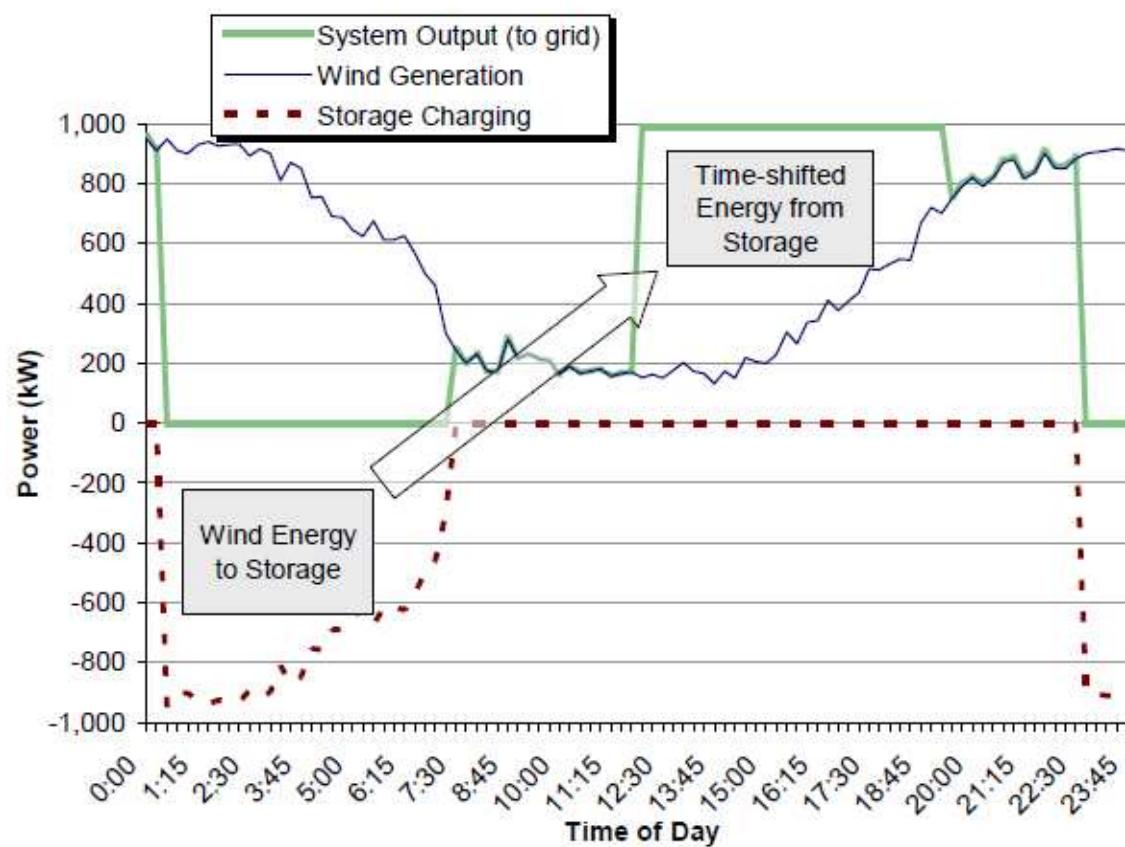
Suavizado parque PV

4.- Aplicaciones EERR: Suavizado de generación



- Evitar penalizaciones
- Facilita la participación en el mercado
- Mejora la operación del sistema
- 0,1-1 MW
- 0,1-1 MWh
- Varios ciclos diarios

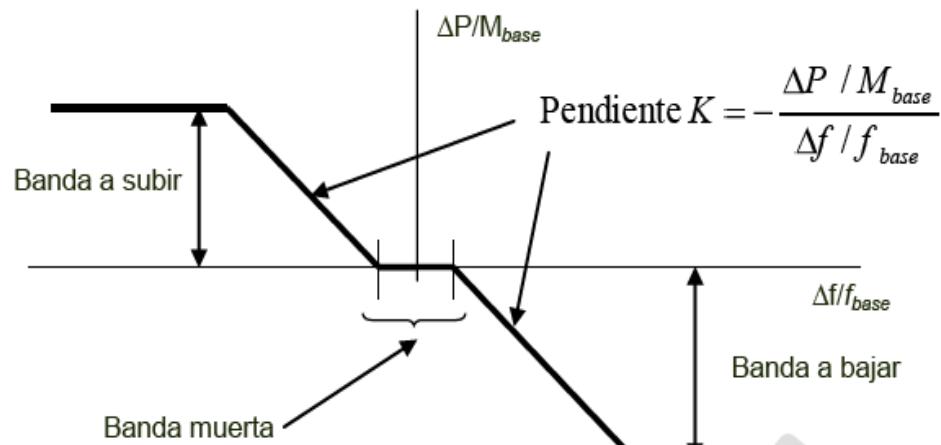
4.- Aplicaciones EERR: Desplazamiento energía



- 0,1-10 MW
- 0,025-2,5 MWh
- 200 - 300 ciclos/año

- Adecuación de la generación a demanda
- Arbitraje de precios
- Almacenamiento a gran escala

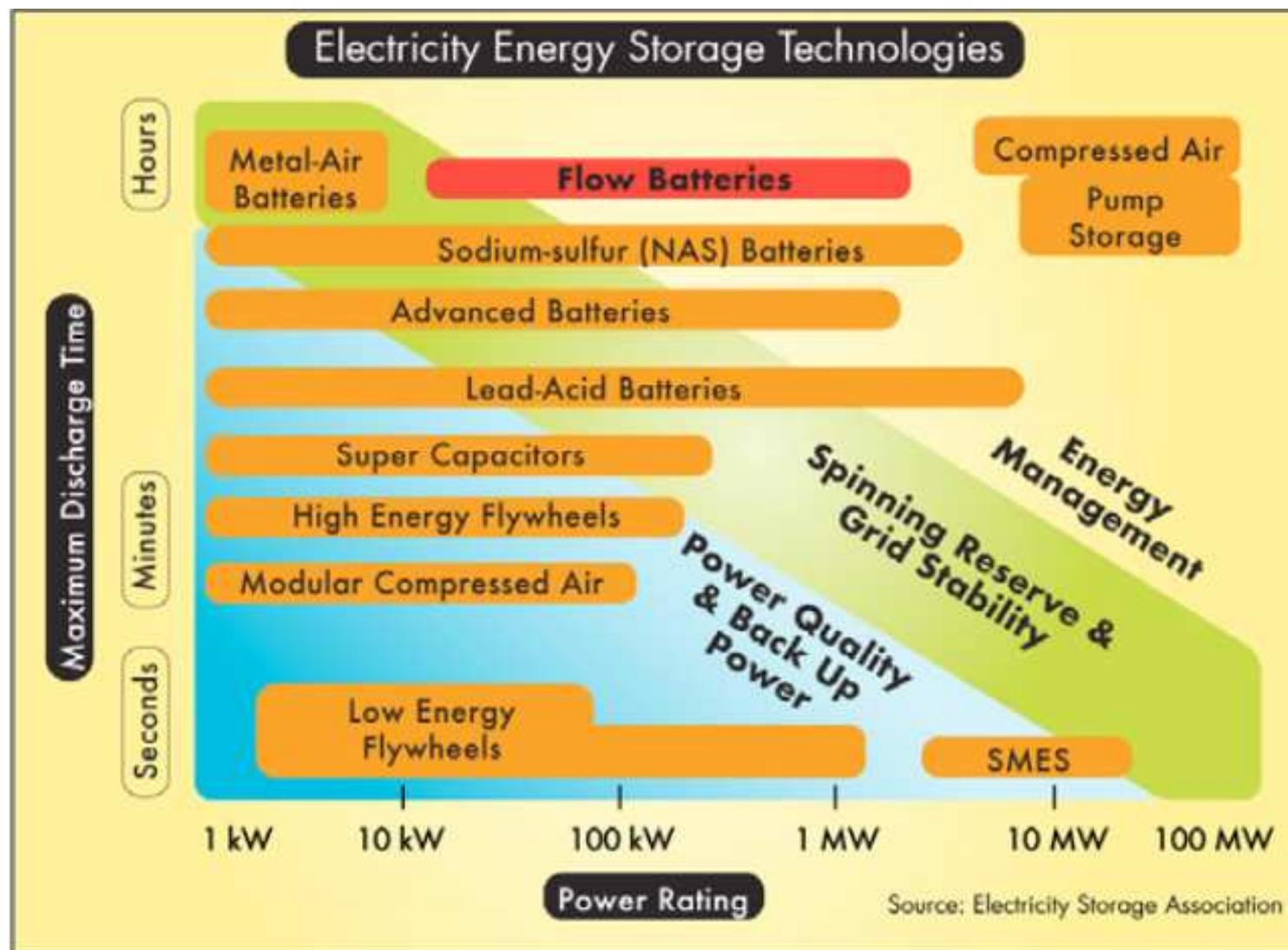
4.- Aplicaciones EERR: Regulación de frecuencia



- 0,1-10 MW
- 0,025-2,5 MWh
- Varios ciclos diarios

Figura 8.3.3.1. Incremento unitario de potencia activa en función del desvío unitario de la frecuencia.

- La normativa de conexión a red para energías renovables exigente (borrador PO12.2). 20% de la potencia a subir o a bajar.
- La regulación de frecuencia da un gran valor añadido, permite ofrecer servicios complementarios y además mejora la penetración de renovables.



INDICE

- 1. TECNALIA**
- 2. ESTADO ACTUAL Y FUTURO DE LA RED ELECTRICA**
- 3. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGIA**
- 4. APLICACIONES EN LA RED**
- 5. CONCLUSIONES**

Perspectiva

- Los objetivos de política energética europea 20/20/20 conducen a un cambio de funcionamiento y estructura del sistema eléctrico.

Almacenamiento

- Los sistemas de almacenamiento podrían tener un papel fundamental en las redes eléctricas del futuro. Pueden y deben tener múltiples aplicaciones a lo largo de la cadena de valor (generación, transporte, distribución y consumo).
- Competencia con otras soluciones (interconexiones, etc).

Necesidades

- Es necesario mayor desarrollo de las tecnologías de almacenamiento para reducir el coste y aumentar su eficiencia y fiabilidad.
- Se requiere un desarrollo normativo que impulse y permita el concurso del almacenamiento de energía en la operación de la red.
- Valorizar los beneficios del almacenamiento en toda la cadena de valor del sistema eléctrico.



**MUCHAS GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN**

Iker Marino Bilbao
iker.marino@tecnalia.com
www.tecnalia.com
Tel. 902 760 000

www.tecnalia.com

